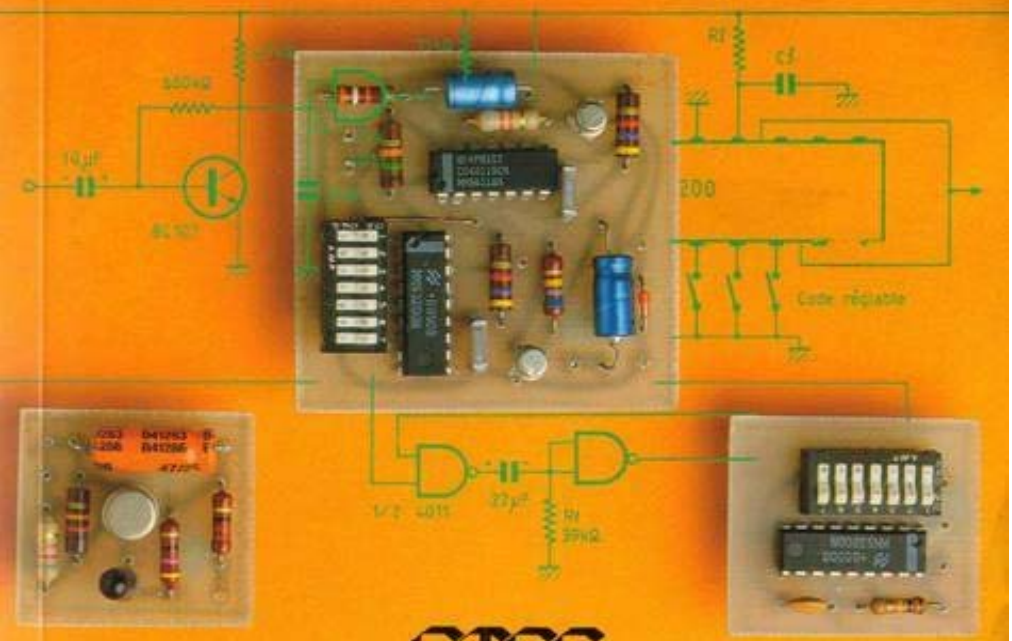
P. GUEULLE

TÉLÉCOMMANDES

technique et réalisation

50 montages pratiques faciles à réaliser soi-même

FIL... RADIO ...ULTRASONS ...INFRAROUGES



ETSF

Editions Techniques et Scientifiques Françaises

P. GUEULLE

TÉLÉCOMMANDES
technique et réalisation

ETSF

ÉDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES FRANÇAISES
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 PARIS CEDEX 19

Ce pictogramme mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du **photocopillage**.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (**CFC**, 3 rue Hautefeuille, 75006 Paris).

© E.T.S.F, Paris, 1987, 1989
ISBN 2 85535 150 2

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. • Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

AVANT-PROPOS

Bien que les montages de télécommande soient fort appréciés des amateurs électroniciens, ceux-ci n'ont pas toujours à leur disposition les schémas nécessaires pour résoudre leurs problèmes pratiques.

Il est vrai que plusieurs solutions peuvent en général convenir à chaque cas, mais ne vaut-il pas mieux choisir la meilleure ? Nous avons réuni dans ce livre cinquante montages pratiques sur circuits imprimés, qui ont tous été longuement essayés par l'auteur : circuits d'émission et de réception avec et sans fil, par ultrasons ou infrarouges, par radio ou par téléphone, sur les fils du secteur ou sur les voies "audio".

Des systèmes de codage, des plus simples aux plus perfectionnés, permettent d'assurer la sécurité et l'inviolabilité des commandes importantes, tandis que divers montages annexes facilitent la mise en œuvre pratique (alimentations, circuits de puissance, etc.).

Beaucoup de cas particuliers pourront ainsi être résolus par simple assemblage "à la carte" des modules voulus. Parallèlement, plusieurs systèmes "clé en main" sont décrits en détail : ils ont été choisis en vue de résoudre, de façon simple et économique, les problèmes de télécommande les plus courants.

Cet ouvrage est cependant plus qu'un simple recueil de schémas : les techniques de télécommande font appel aux domaines les plus divers de l'électronique : électro-acoustique, opto-électronique, émission-réception radio, téléphonie, transmissions de données numériques. Nous ne pouvions pas laisser passer l'occasion de familiariser nos lecteurs avec des techniques passionnantes dont tout électronicien moderne risque d'avoir besoin tôt ou tard.

Toutes les notions nécessaires seront donc introduites progressivement, au fil des chapitres, juste avant leur mise en pratique en grandeur réelle. Le lecteur n'ayant pas de besoin immédiat en matière de télécommande est donc cordialement invité à lire ce livre du début à la fin, et à réaliser quelques montages expérimentaux : il pourrait bien y glaner certaines idées...

Les schémas jugés importants sont expliqués en détail. D'autres sont plus rapidement commentés, lorsque l'analyse complète ferait double emploi. Nos lecteurs les moins chevronnés auront donc intérêt à lire toutes les descriptions de montages, même s'ils ne les réalisent pas : leur niveau général en électronique ne pourra que s'améliorer à cette occasion !

CHAPITRE 1

LES TECHNIQUES DE TÉLÉCOMMANDE

TÉLÉCOMMANDE OU COMMANDE À DISTANCE

Etymologiquement, le terme "télécommande" est très clair : comme "téléphone" ou "télévision" il contient une notion de *distance,* et donc de *transport d'information.*

Comme il contient également la racine "commande", on l'utilise volontiers pour désigner tout l'éventail des systèmes de commande à distance auxquels on peut songer. Par exemple, le pilotage à distance d'un moteur hors-bord par tout un jeu de câbles métalliques et de poulies relève du domaine de la télécommande, même s'il s'agit purement de mécanique.

Dans cet ouvrage, nous nous intéresserons uniquement aux *systèmes électroniques de télécommande,* et plus particulièrement à la *transmission,* avec ou sans fil, des ordres à exécuter. L'exécution proprement dite fait, en effet, généralement appel à des techniques très différentes de l'électronique : mécanique, électromécanique, hydraulique, pneumatique, etc.

Pratiquement tout dispositif susceptible d'être "conduit" en local peut également être télécommandé. Les techniques de transmission des ordres sont toujours à peu près les mêmes, tandis que *l'interface* avec l'organe commandé constitue presque à chaque fois un cas particulier.

Même si les mêmes circuits électroniques peuvent servir dans les deux cas, il sera infiniment plus facile de télécommander l'allumage et l'extinction d'un éclairage que l'ouverture et la fermeture d'une porte de garage.

Bien souvent, l'amateur électronicien se chargera de toute la partie "transmission" et adaptera ses montages à un système "actionneur" existant ou acheté dans le commerce. Toutefois, certains bricoleurs adroits pourront se montrer tout à fait capables de concevoir et de réaliser seuls cette partie mécanique. Ce livre leur dévoilera alors l'art et la manière de réaliser l'équipement de commande à distance nécessaire pour donner la vie à leur œuvre.

Bien que certains de nos montages puissent être facilement adaptés à un tel usage, nous ne traiterons pas ici le problème de la télécommande des modèles réduits : ce sujet a été copieusement et fort bien étudié par ailleurs. C'est donc bien de la commande à distance, *en vraie grandeur,* d'équipements aussi variés que possible, dont va traiter cet ouvrage essentiellement pratique.

ÉMISSION, RÉCEPTION, ACTION

Voici les trois fonctions de base de tout système de télécommande : un ordre approprié est élaboré, puis *émis* sur un *support de transmission* capable de le véhiculer jusqu'à l'endroit voulu. Là, un système de *réception* identifie l'ordre, et le dirige vers un dispositif capable d'exécuter *l'action* désirée.

Pour mettre sur pied une télécommande, on peut faire appel à tous les moyens de transmission possibles et imaginables, même si les termes "émission" et "réception" font immédiatement penser à la radio.

En pratique, nous verrons que si la transmission par radio est irremplaçable dans certains cas bien particuliers, il est souvent préférable de lui substituer d'autres techniques au moins aussi performantes et présentant des avantages particuliers. D'une façon générale, toutes les fois qu'il sera possible, par un moyen quelconque, de transmettre une information, même rudimentaire, à une personne présente en un lieu quelconque, il sera également possible d'installer un système de télécommande.

TRANSMISSIONS PAR SUPPORT MATÉRIEL

Rigoureusement parlant, on peut qualifier de support de transmission matériel n'importe quel lien palpable entre deux lieux : tuyau, corde, tringle ou tige mobile, mais aussi et surtout fil ou câble électrique et fibre optique (ne l'oublions pas !). Ce serait une grave erreur de penser que la mise en œuvre d'une télécommande par fils électriques oblige nécessairement à installer des câbles spécialisés : il est souvent possible de profiter d'installations ou de réseaux qui existent déjà.

Les fils du secteur électrique, qui passent un peu partout dans les locaux les plus divers, accueillent volontiers des signaux de télécommande en supplément de l'énergie qu'ils véhiculent. A une plus grande échelle, EDF utilise ce principe pour commander à distance les compteurs à double tarif installés chez certains abonnés.

Le réseau téléphonique international permet, pour sa part, d'établir à la demande et presque instantanément une liaison de bonne qualité entre deux points à peu près quelconques de la planète. Lorsqu'il ne s'agit que de transmettre un ordre de télécommande très bref, il n'en coûte que quelques dizaines de centimes, quelle que soit la distance !

La fibre optique, pour sa part, n'est pas encore très répandue chez les amateurs, mais cela pourrait bien changer... Le fin "cheveu de verre" est en

effet capable de véhiculer des ondes lumineuses chargées d'informations, sur des parcours complètement différents de la fameuse ligne droite. Les progrès qu'il a fallu faire pour les besoins des télécommunications modernes rendront ce support de transmission de plus en plus accessible à l'amateur. Une fibre optique est considérablement plus fine que les plus discrets câbles électriques, et n'est en aucune façon concernée par les problèmes de parasitages électromagnétiques. De plus, c'est un isolant électrique pratiquement parfait...

N'oublions pas non plus les réseaux téléphoniques privés, les installations d'interphone ou de sonnerie, les câbles des chaînes HIFI, ou les fils des systèmes d'alarme qu'il est facile de rentabiliser en les faisant travailler un peu plus !

TRANSMISSIONS PAR SUPPORT IMMATÉRIEL

Il faut entendre, par "support immatériel", toute voie de communication impalpable, autrement dit ce que les pionniers de la radio nommaient poétiquement "l'éther".

Bien entendu, les ondes radio peuvent fort bien véhiculer toutes sortes d'informations de télécommande, à courte, moyenne ou longue distance. Les fréquences radio-électriques devenant de plus en plus des denrées rares, des supports concurrents ont cependant été développés pour certaines applications. Utilisés à l'origine pour télécommander les téléviseurs, les *ultrasons* et les *infrarouges* ont vite séduit les amateurs de télécommandes par un certain nombre d'atouts.

Actuellement, ces techniques (et surtout les infrarouges) ont carrément détrôné la radio dans bon nombre d'applications. Des composants performants sont maintenant disponibles facilement et à des prix très abordables malgré leurs performances élevées. Que demander de plus ? Et encore, nous ne vous avons pas tout dit...

TÉLÉCOMMANDES "TOUT OU RIEN"

De plus en plus, l'électronique évolue vers les techniques "numériques", "digitales", ou "tout ou rien" : les circuits opèrent sur des "uns" et des "zéros", c'est-à-dire sur des présences ou absences pures et simples de courant. Différents artifices permettent de résoudre presque tous les problèmes pratiques en faisant appel au maximum à ces procédés.

En télécommande, la plupart des applications (hors modélisme) nécessitent une action "tout ou rien" : mise en marche ou arrêt, ouverture ou fermeture, allumage ou extinction. Même lorsqu'un "réglage" est nécessaire (volume sonore sur un téléviseur, par exemple), il est facile d'agir par "crans", deux ordres distincts permettant, par tout ou rien, de progresser ou de reculer d'un cran.

En modélisme également, les télécommandes dites "proportionnelles" fonctionnent par transmission d'impulsions tout ou rien, mais qui se succèdent à un rythme rapide.

TÉLÉCOMMANDES "PROPORTIONNELLES"

Les applications des télécommandes "proportionnelles" qui permettent de *régler* à distance une température, une vitesse, ou une position avec toute la finesse souhaitable, concernent davantage les utilisateurs industriels que les amateurs, sauf évidemment les modélistes.

Quelques applications sont néanmoins possibles, comme l'orientation à distance d'une antenne radio, TV, ou satellite. Des techniques spécialisées, dites "analogiques", peuvent être mises à contribution, mais les systèmes de transmission "tout ou rien" peuvent aussi résoudre le problème : ce sont la nature et le contenu des ordres émis qui devront être adaptés à ces applications particulières. Les composants spécialement développés pour la télécommande des téléviseurs apporteront par exemple ici une aide précieuse.

PORTÉE D'UNE TÉLÉCOMMANDE

Un système de télécommande peut avoir un rayon d'action allant de quelques centimètres (commande de serrure) à des milliers de kilomètres. Chaque application impose ses propres impératifs en matière de portée, ce qui influe évidemment sur le choix du mode de transmission qui sera utilisé.

D'autres critères interviennent en même temps : consommation des équipements d'émission et de réception, coût du matériel, coût de chaque transmission d'ordre, facilité d'utilisation, installation fixe ou mobile, liaison en vue directe ou gênée par des obstacles, etc.

Le problème de la portée n'est guère critique, techniquement parlant, avec les supports matériels : il suffit de poser ou d'utiliser la longueur voulue de câble. La limite est plutôt budgétaire : un long câble coûte cher, de même qu'une communication téléphonique lointaine de quelque durée.

Avec un support immatériel, à l'inverse, tout ou presque se joue sur le plan technique : puissance de l'émetteur, sensibilité du récepteur, conditions de propagation, dégagement des antennes ou des éléments optiques, etc.

La mise sur pied d'une télécommande à longue portée exigera beaucoup de soin et de précision dans les réglages, bref un équipement de laboratoire performant et de bonnes connaissances techniques.

Le lecteur débutant aura tout intérêt à viser d'abord les systèmes à courte portée, puis à introduire graduellement les perfectionnements permettant, si nécessaire, d'augmenter le rayon d'action de ses réalisations.

SECURITÉ ET DISCRÉTION

La *sécurité* d'un système de télécommande concerne deux points fondamentaux :

— l'insensibilité aux faux délenchements, aux conséquences pouvant aller du désagrément à l'accident grave ;

— la fiabilité des déclenchements commandés : bien qu'un refus de déclenchement soit en général moins grave qu'une action intempestive, ce genre de défaut peut être gênant.

Les différentes techniques susceptibles de résoudre un problème donné n'offrent pas toutes la même sécurité : un choix critique est donc à faire. En général, la "haute sécurité" se paie par une contrepartie : complexité plus grande, coût supérieur, portée réduite, délai de réaction, encombrement, etc. Un compromis devra donc être trouvé dans chaque cas particulier.

La *discrétion* d'une télécommande est à la fois une question de sécurité et minimisation des nuisances au voisinage : un émetteur qui "arrose" copieusement les environs peut créer des perturbations radio-TV, déclencher des récepteurs de télécommande autres que celui prévu, et aussi livrer à un quelconque "pirate" la clef permettant de commander lui-même le système. Dans le cas d'une commande d'ouverture de porte ou d'arrêt d'un système d'alarme, c'est grave !

PRINCIPES DE CODAGE

La sécurité et, dans une certaine mesure, la discrétion d'une télécommande passent par un *codage* des ordres transmis. Coder une transmission revient à compliquer suffisamment son contenu pour que le risque de "génération spontanée" d'un message significatif soit à peu près nul. Autre avantage, un éventuel "pirate" aura les pires difficultés pour analyser et reproduire précisément un message suffisamment complexe.

Prenons un exemple : si une télécommande "acoustique" réagit à un simple coup de sifflet, n'importe quel gamin de passage l'actionnera sans difficulté. A la limite, le premier agent de police un peu excité ouvrira votre porte de garage sans même s'en douter ! Si, en revanche, il est nécessaire de siffloter une mélodie bien précise (mais discrètement !), alors le risque de déclenchement intempestif devient insignifiant. Mais, malheur à vous si vous oubliez ce petit air...

Les procédés les plus efficaces reposent sur l'emploi de techniques numériques : un circuit approprié (*codeur*) compose un long "télégramme" composé de 1 et de 0 placés dans un certain ordre. Ce message est transmis par un procédé quelconque à un circuit *décodeur* qui n'autorisera l'exécution de l'ordre que s'il reçoit une ou plusieurs fois de suite le bon télégramme. La transmission peut être très rapide, afin que ce processus ne ralentisse pas sensiblement l'exécution de l'ordre.

Autre avantage du procédé, plusieurs messages différents peuvent correspondre à autant d'actions indépendantes (télécommande "multicanaux"), ou à différents récepteurs (domicile et bureau, par exemple). Il existe sur le marché toute une variété de circuits intégrés spécialement conçus pour cet usage et largement utilisés dans les réalisations professionnelles.

Une large part des montages décrits dans cet ouvrage sera conçue de façon à accepter sans difficulté l'adjonction d'un codeur et d'un décodeur garantissant la sécurité quasi absolue des ordres transmis sur les diverses voies de communication que nous mettrons à contribution.

CHAPITRE 2

QUELQUES MONTAGES DE BASE

Les systèmes de télécommande les plus simples peuvent être construits à l'aide de montages électroniques très faciles à réaliser et à régler. Le débutant pourra avantageusement s'en servir pour procéder à toutes sortes d'expérimentations, avec les supports de transmission les plus variés.

Lorsque les exigences de sécurité et de fiabilité deviendront critiques, des dispositifs de codage plus élaborés pourront prendre la place des montages les plus simples, qui se révéleront tout de même suffisants pour bien des usages.

GÉNÉRATEURS DE TONALITÉS

Un générateur de tonalité est un circuit électronique capable de produire un signal alternatif de *fréquence* précise et stable. Il existe des quantités de schémas permettant de construire des générateurs adaptés à toutes les exigences en matière de forme d'onde, de gamme de fréquence, et de puissance délivrée.

Le montage de la *figure 2-1* utilise un circuit intégré très courant, le 555, pour résoudre une grande variété de problèmes pratiques. Avec les valeurs de composants indiquées, cet oscillateur peut délivrer un signal rectangulaire dont la fréquence est ajustable dans une assez large plage du *domaine audible.* Comme par ailleurs la puissance délivrée suffit amplement pour l'attaque directe d'un petit haut-parleur, on pourra transmettre le son ainsi produit par toutes sortes de moyens existants : téléphone, émetteur-récepteur de radio, ou simple captation à distance par un microphone.

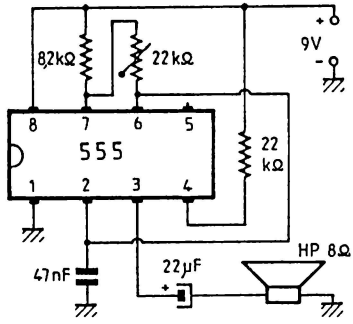


Fig. 2-1. — Un petit générateur de tonalité.

En supprimant le haut-parleur, on pourra également utiliser directement le signal rectangulaire présent sur la broche 3 du circuit intégré, avec une amplitude voisine de la tension d'alimentation (5 à 12 V environ, 9 V typique). Si ce fort niveau se révélait excessif pour certaines applications, le condensateur de 22 µF pourrait aisément être remplacé par une résistance chutrice de forte valeur.

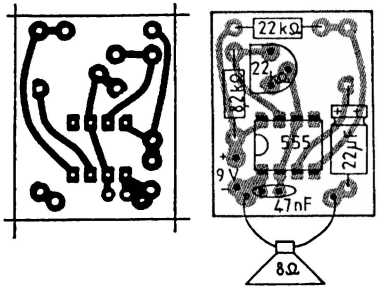


Fig. 2-2. — Réalisation pratique du générateur de tonalité.

NOMENCLATURE

Résistances

(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
8,2 kΩ
22 kΩ
pot. ajustable 22 kΩ

Condensateurs

47 nF
22 µF 10 V

Semiconducteurs

LM 555

Divers

haut-parleur 8 Ω 5 cm
pile 9 V avec clip

En modifiant la valeur du condensateur de 47 nF, on pourra éventuellement modifier la plage de réglage de la fréquence, et monter ainsi bien au-delà des tonalités audibles les plus aiguës.

Le petit circuit imprimé de la *figure 2-2* accueille tous les composants du montage selon le plan de câblage correspondant, à l'exception du haut-parleur et de la pile, que l'on raccordera généralement en passant par un bouton-poussoir de mise en route.

DÉTECTEURS DE SIGNAL

Un détecteur de signal est un montage électronique, généralement assez simple, capable de déclencher une action quelconque lorsqu'il reçoit un signal alternatif d'amplitude suffisante. Ce signal peut lui parvenir par câble, mais peut tout aussi bien être capté par un microphone, ou lu sur une bande magnétique. En principe, la fréquence du signal est sans importance mais, dans la pratique, la conception du circuit introduit certaines limitations.

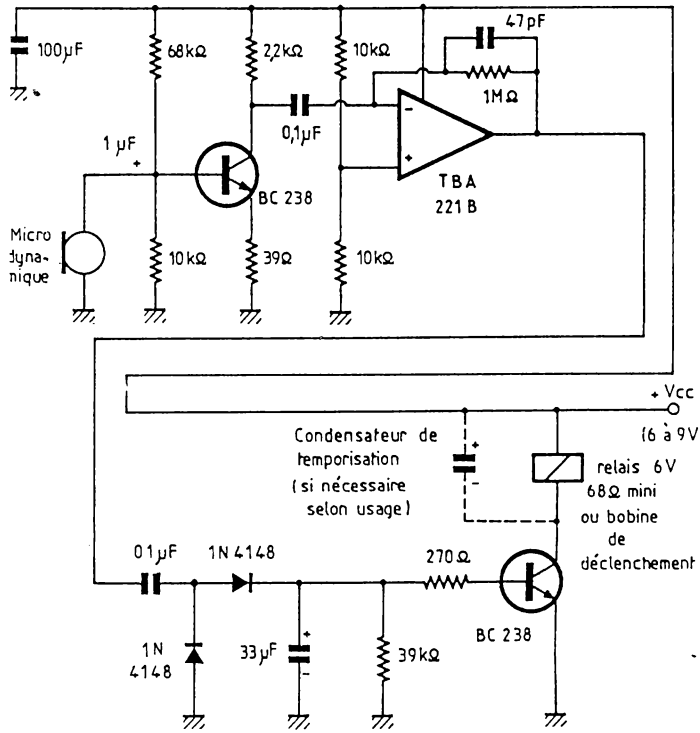


Fig. 2-3. — Schéma du détecteur de signal.

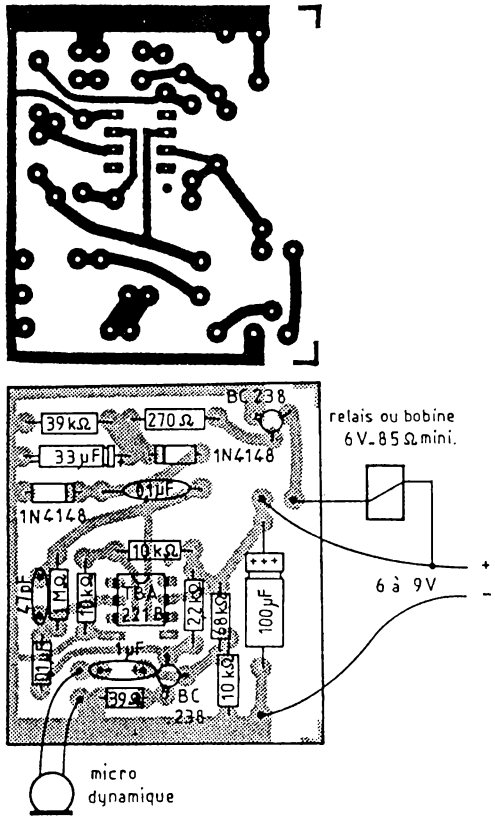


Fig. 2-4. — Réalisation pratique du détecteur de signal.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
39 Ω
270 Ω
2,2 kΩ
10 kΩ
10 kΩ
10 kΩ
39 kΩ
68 kΩ
1 MΩ

Divers
relais selon besoins (9 V)

Condensateurs
0,1 µF
47 pF
1 µF
33 µF ou 47 µF
100 µF

Semiconducteurs
LM 741 ou TBA 221 B
BC 238
BC 238
1N 4148
1N 4148

Le schéma de la *figure 2-3,* par exemple, utilise un *amplificateur opérationnel* (741) réglé sur un gain important. On sait que dans ce cas, la réponse aux hautes fréquences se trouve fortement dégradée. Par ailleurs, la valeur modeste des capacités de liaison limite aussi la réponse aux basses fréquences. Notre montage sera donc vraiment efficace dans un domaine limité de fréquences, correspondant approximativement au spectre audible. C'est dire qu'il sera tout à fait adapté au fonctionnement avec le générateur qui vient d'être décrit.

La sensibilité est suffisante pour l'utilisation directe d'un micro dynamique à basse impédance, mais le signal peut être amené au montage par toutes sortes de moyens, selon le problème précis qu'il s'agit de résoudre.

La *figure 2-4* donne les plans de réalisation pratique du montage sur un petit circuit imprimé. Il n'y a pas de difficulté particulière, bien que les composants aient été relativement tassés lors de l'étude, afin de parvenir à un module compact. On veillera à la bonne orientation de tous les composants polarisés, assez nombreux dans ce montage.

Lors des premiers essais, on pourra mettre en évidence, par quelques mesures, la forte amplification des deux premiers étages, l'élaboration d'une tension continue proportionnelle à l'amplitude du signal d'entrée par le redresseur doubleur de tension, et l'effet de seuil du transistor de sortie, auquel un condensateur d'assez forte valeur donne un léger temps de réponse. Bien qu'un tel montage puisse rendre service dans un certain nombre d'applications simples en télécommande, il présente l'inconvénient de n'introduire aucun codage : les événements susceptibles de déclencher le relais relié à sa sortie sont trop variés pour que l'on puisse décemment parler de la sécurité de ce montage... Fort heureusement, l'électronique moderne nous offre bien d'autres possibilités !

DÉTECTEURS DE TONALITÉS

Les détecteurs ou décodeurs de tonalités sont des circuits très largement utilisés dans toutes sortes d'ensembles électroniques. Ces montages sont capables de réagir lorsqu'un signal de fréquence bien déterminée leur est appliqué avec un niveau convenable. Dès lors, on peut leur faire piloter un voyant, un relais, ou pratiquement n'importe quel organe "actionneur".

Le choix de la fréquence à laquelle réagit le montage est déjà une forme de "codage" : normalement, seul un générateur de tonalité réglé sur la même fréquence pourra déclencher le décodeur. En pratique, la sécurité dépend du moyen de transmission utilisé : par téléphone, il n'y a en général pas de problème, mais bien des perturbations sont à craindre en cas de transmission acoustique ou par radio.

Le montage de la *figure 2-5* exploite le circuit intégré détecteur de tonalité le plus courant qui soit, le 567. Quelques composants annexes permettent d'obtenir un décodeur sensible et sélectif, capable de commander une

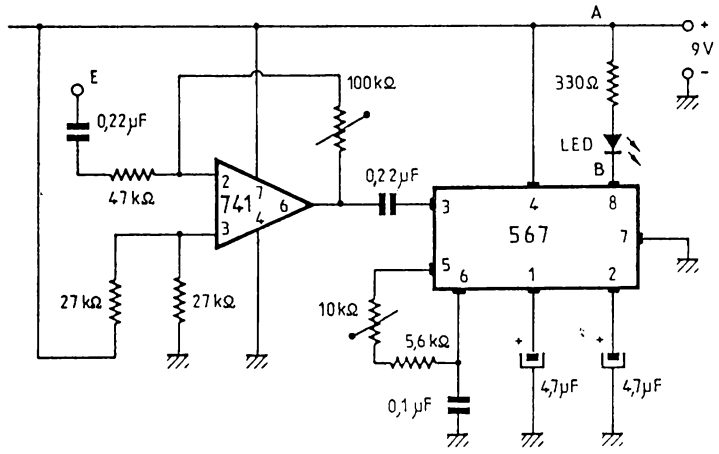


Fig. 2-5. — Schéma du détecteur de tonalité de base.

charge consommant jusqu'à 100 mA, branchée entre les points A et B. Pour les essais, nous recommandons une diode LED montée en série avec une résistance, mais pour l'utilisation réelle, il faudra presque toujours ajouter un relais miniature.

Un potentiomètre ajustable permet le réglage exact du détecteur sur la fréquence à reconnaître (procéder avec soin), pourvu que le niveau d'entrée ne soit ni trop faible, ni trop fort. Un préamplificateur (facultatif) a donc été prévu en plus du décodeur proprement dit : il utilise un amplificateur opérationnel "741", circuit intégré tout aussi courant.

Le réglage de l'amplification se fait par un second potentiomètre ajustable : pour les applications courantes, 100 kΩ est une bonne valeur, mais on peut gagner beaucoup en sensibilité en passant à 1 MΩ (utilisation avec un micro, par exemple). On se souviendra qu'un excès de gain entraîne des risques de déclenchement sur des fréquences différentes de celle sur laquelle est réglé le montage. La fourchette de réglage en fréquence est fixée par le condensateur de 0,1 µF : comme dans le cas du générateur, on peut la décaler en modifiant cette valeur.

Le circuit imprimé de la *figure 2-6,* câblé comme indiqué, accepte différents types de potentiomètres ajustables de fréquence, grâce à plusieurs trous : pour un maximum de confort de réglage, on pourra donc, si nécessaire, utiliser un modèle multitours, mais ce n'est pas indispensable.

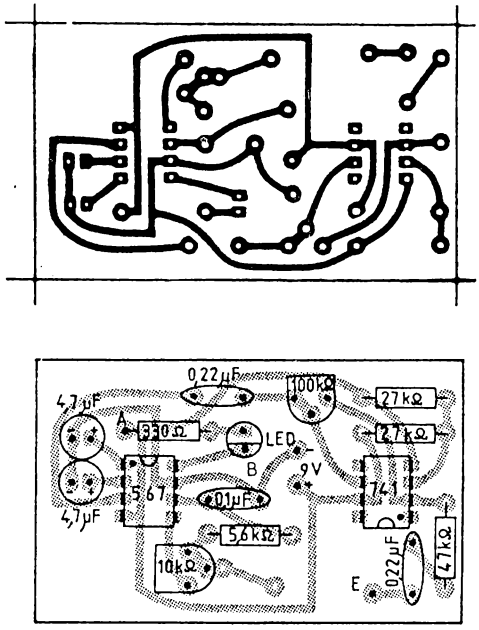


Fig. 2-6. — Réalisation pratique du détecteur de tonalité.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
330 Ω
5,6 kΩ
pot. ajustable 10 kΩ
27 kΩ
27 kΩ
47 kΩ
pot. ajustable 100 kΩ

Divers
pile 9 V

Condensateurs
0,1 µF
0,22 µF
0,22 µF
4,7 µF 10 V
4,7 µF 10 V

Semiconducteurs
LM 741
LM 567
diode LED

Les premiers essais se feront, bien sûr, en reliant directement la sortie du générateur à l'entrée du détecteur. Une fois les réglages bien adaptés mutuellement, on pourra opérer de part et d'autre d'une voie de transmission adaptée à la fréquence choisie.

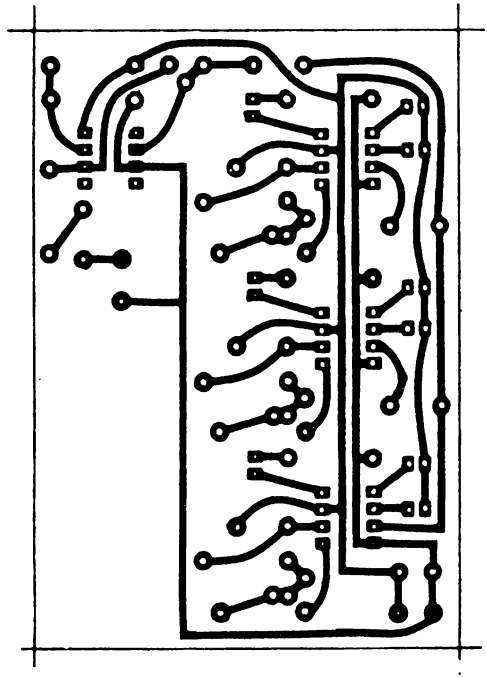


Fig. 2-7. — Circuit imprimé du triple décodeur de tonalités.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
3 x 330 Ω
3 x 5,6 kΩ
3 potentiomètres ajustables 10 kΩ
2 x 27 kΩ
47 kΩ
potentiomètre ajustable 100 kΩ

Divers
relais selon besoins (9 V)

Condensateurs
3 x 0,1 µF
2 x 0,22 µF
6 x 4,7 µF 10 V sorties radiales
470 µF 10 V sorties radiales

Semiconducteurs
LM 741
3 x LM 567
3 diodes LED

Notons une intéressante possibilité consistant à enregistrer des "tops" de fréquence convenable sur l'une des pistes d'une cassette stéréophonique, l'autre étant réservée à un quelconque programme sonore.

A la lecture, le détecteur de tonalité relié à la sortie correspondante du magnétophone pourra commander différentes actions en synchronisme avec le son (par exemple le passage automatique de diapositives, ou des effets lumineux appropriés).

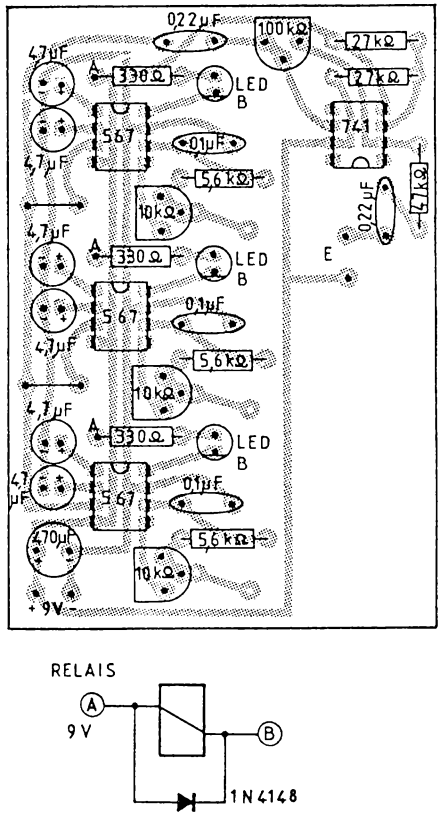


Fig. 2-8. — Plan de câblage du triple détecteur de tonalités.

Pour de telles applications (et d'autres !), on pourra souhaiter disposer d'un système "multicanaux". Il est très facile de faire fonctionner le générateur sur différentes fréquences (ou d'utiliser plusieurs générateurs), mais il est bien évident qu'il doit être prévu autant de détecteurs de tonalités qu'il y a de fréquences distinctes à identifier.

Le circuit imprimé de la *figure 2-7* est un exemple de configuration réunissant plusieurs 567 (ici trois) sur un même préampli. Certes, le nombre de décodeurs n'est pas limité à trois, et l'implantation de la *figure 2-8* pourra être extrapolée à des cas plus complexes.

Lors des essais, on tiendra compte du fait que ce montage est du type "alimentation positive à la masse" : il sera donc préférable d'utiliser des alimentations séparées pour le générateur et pour le détecteur, ou d'adapter les branchements en conséquence.

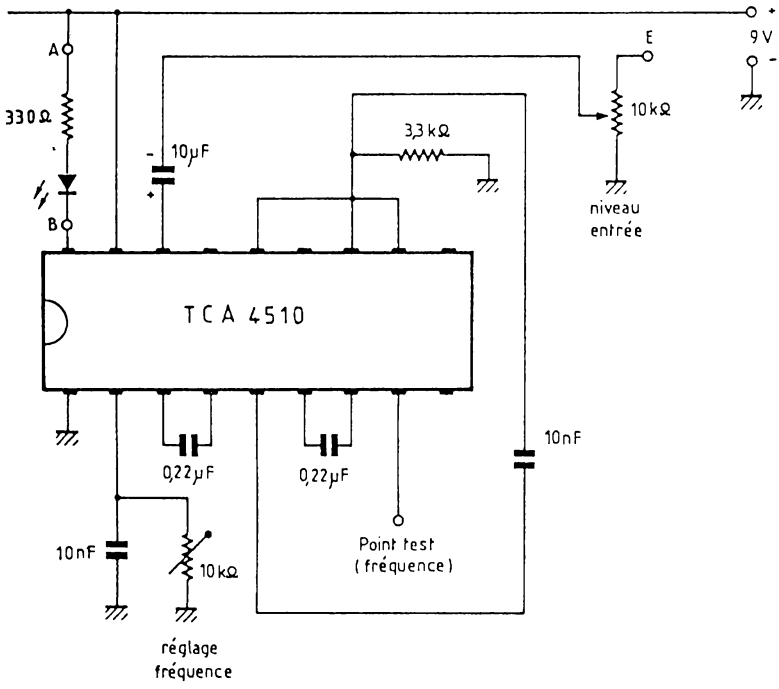


Fig. 2-9. — Un détecteur de tonalités bâti autour... d'un décodeur stéréo.

Un décodeur de tonalité original peut aussi être construit autour d'un type de circuit intégré nullement destiné à cet usage : le TCA 4510 est en effet un décodeur stéréo pour autoradio ! Cependant, tout décodeur stéréo doit détecter un signal "pilote" à 19 kHz et commander un voyant lorsqu'il identifie cette fréquence. Rien n'empêche évidemment de régler le montage sur une fréquence inférieure.

Le décodeur de la *figure 2-9* est plus sensible qu'un 567, et n'a donc en général pas besoin de préamplificateur. Son schéma est un peu plus compliqué, mais il s'accomode mieux des voies de transmission "perturbées" par de la parole, de la musique, ou des parasites : c'est normal, il est fait pour cela ! On l'appréciera donc surtout dans les systèmes à transmission radio. La réalisation pratique de ce petit module pourra se faire d'après les plans des *figures 2-10 et 2-11.*

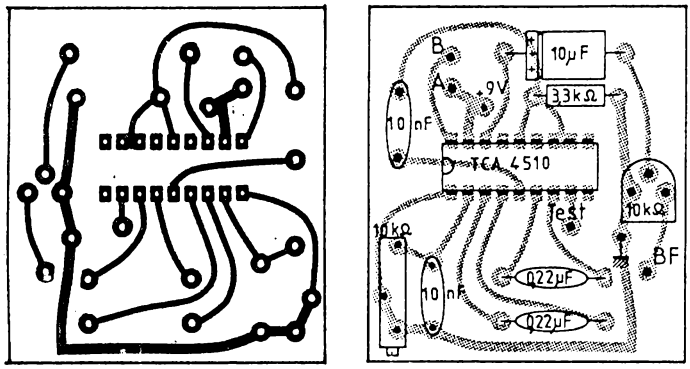


Fig. 2-10 et 2.11. — Réalisation pratique de cet autre décodeur de tonalités.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
3,3 kΩ
2 pot. ajustables 10 kΩ
dont un multitours si possible

Condensateurs
2 x 10 nF
2 x 0,22 µF
10 µF 10 V

Semiconducteurs
TCA 4510 SIEMENS

Divers
pile 9 V

GÉNÉRATEURS "MULTIFRÉQUENCES"

Dans les situations où un simple détecteur de tonalité risque de fréquents déclenchements intempestifs (sur des voies de transmission parasitées ou encombrées), on a pu remarquer que l'utilisation de *deux fréquences simultanées* améliore considérablement les choses. Il est en effet très rare que deux fréquences différentes se présentent spontanément en même temps, surtout si leur choix est judicieux.

Pour les besoins de la téléphonie (transmission des chiffres composés sur les claviers), a été développé un code utilisant de telles "paires de fréquences" : deux jeux de quatre fréquences déterminent seize "canaux", dont la *figure 2-12* donne la définition officielle. Bien entendu, l'amateur est libre de travailler sur d'autres fréquences, mais quel serait l'intérêt de la chose ?

On peut construire un générateur très précis, capable de produire l'ensemble des seize combinaisons, en utilisant les mêmes circuits intégrés que les fabricants de postes téléphoniques. L'un des plus courants est le 5089, disponible dans bien des marques.

Hz	697	770	852	941
1209	1	4	7	*
1336	2	5	8	0
1477	3	6	9	#
1633	A	B	C	D
	touches claviers téléphoniques			

Fig. 2-12. — Le code "multifréquences" officiel.

Pour l'utiliser selon la *figure 2-13,* il faut lui adjoindre notamment un quartz de 3,58 MHz (valeur standard) et un clavier à seize touches "en matrice" (par exemple un clavier souple MECANORMA). Un schéma original, utilisant quatre transistors, permet en effet d'employer de tels claviers, très courants, et non le type à touches à doubles contacts préconisé par le fabricant (voir *figure 2-14*).

Le montage s'alimente sous 9 V, mais ne consomme que pendant l'appui sur une touche du clavier : on peut donc laisser une pile branchée en permanence.

Le signal "multifréquences" est disponible au point D3, par rapport à la masse négative D2. Une sortie spéciale, $\overline{KEY}$, délivre un niveau logique bas tant qu'une touche quelconque est pressée. Bien sûr, quelques boutons-poussoirs peuvent remplacer le clavier si toutes ses touches ne servent pas.

Le circuit imprimé de la *figure 2-15* est à câbler selon l'implantation de la *figure 2-16*, qui prévoit un connecteur dont le brochage correspond à celui des claviers MECANORMA. Ne pas oublier le strap assurant la continuité du circuit de masse.

Dans bien des applications "amateur", l'extrême précision de ce montage piloté par quartz est superflue : on appréciera alors l'économie que permet de réaliser le schéma de la *figure 2-17*, qui ne peut toutefois générer *qu'une seule paire* de fréquences.

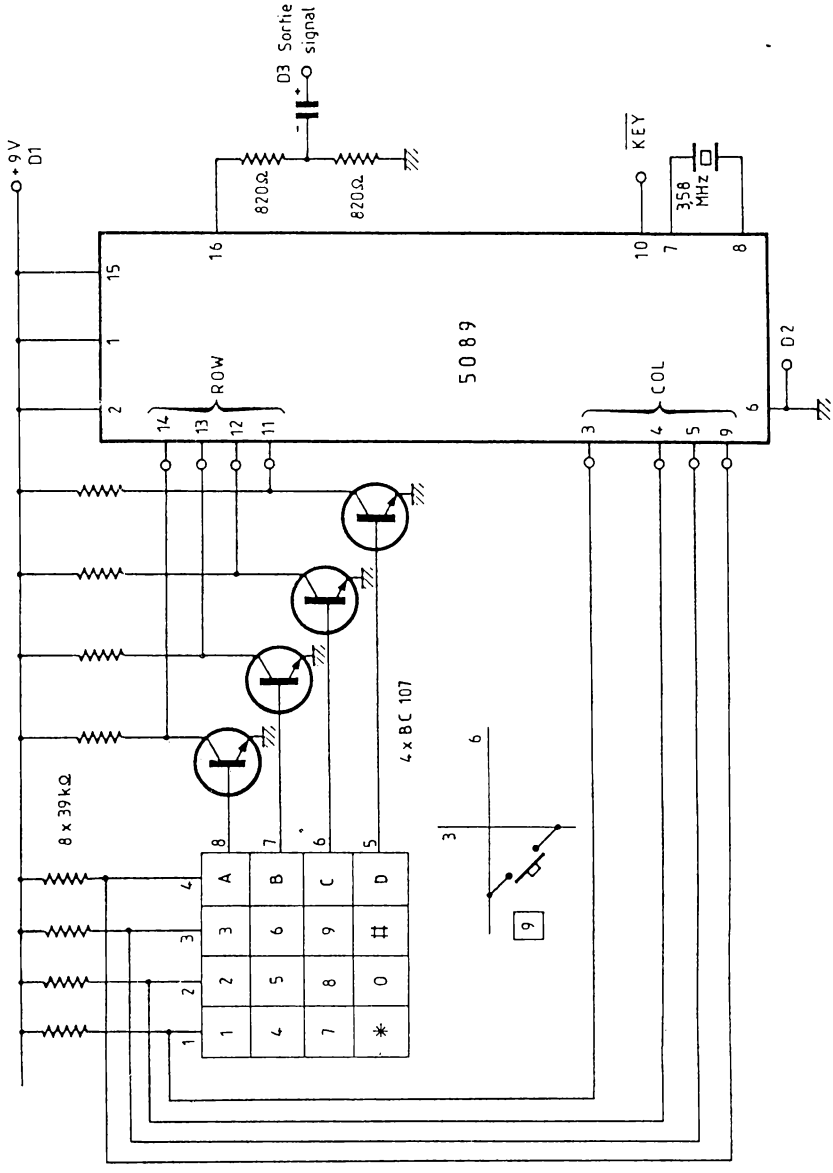


Fig. 2-13. — Un générateur multifréquences de précision. Le code peut être modifié en utilisant un quartz de fréquence légèrement différente.

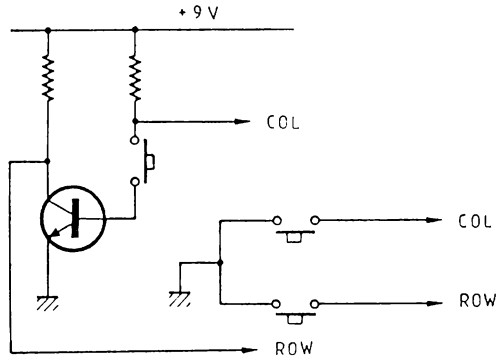


Fig. 2-14. — Comment utiliser des claviers de type courant.

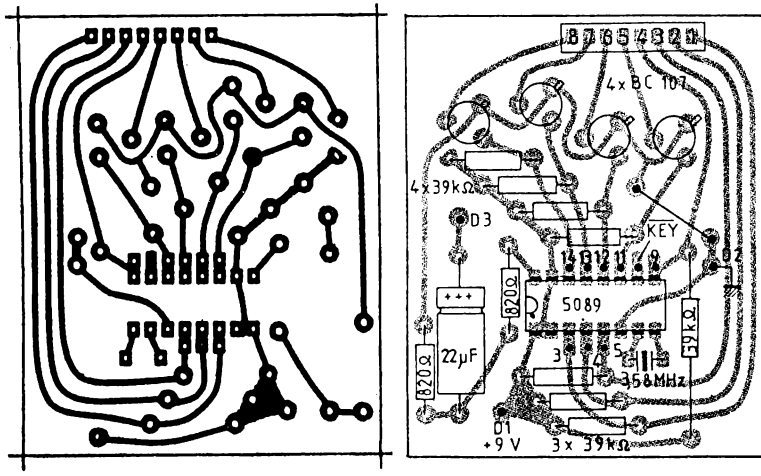


Fig. 2-15 et 2-16. — Réalisation pratique du générateur multifréquences de précision.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
2 x 820 Ω
8 x 39 kΩ (facultatives)

Condensateurs
22 µF 10 V

Semiconducteurs
5089 (circuit de clavier DTMF)
4 x BC 107 ou similaire

Divers
quartz 3,58 MHz
clavier 16 touches en matrice
pile 9 V

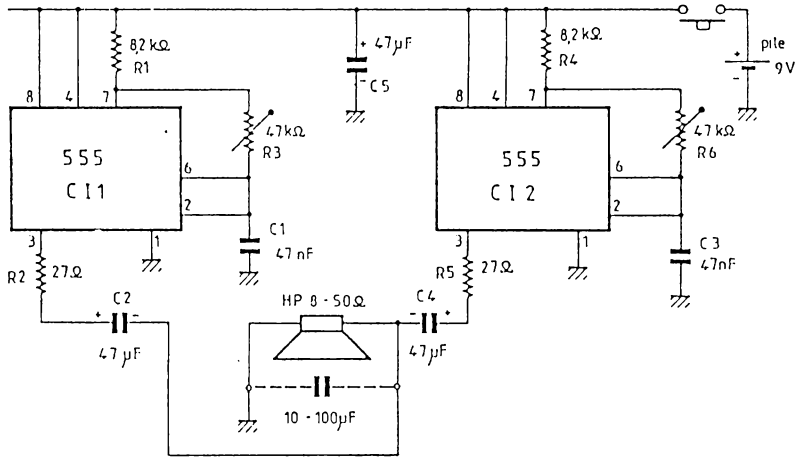


Fig. 2-17. — Un générateur simple délivrant une seule paire de fréquences.

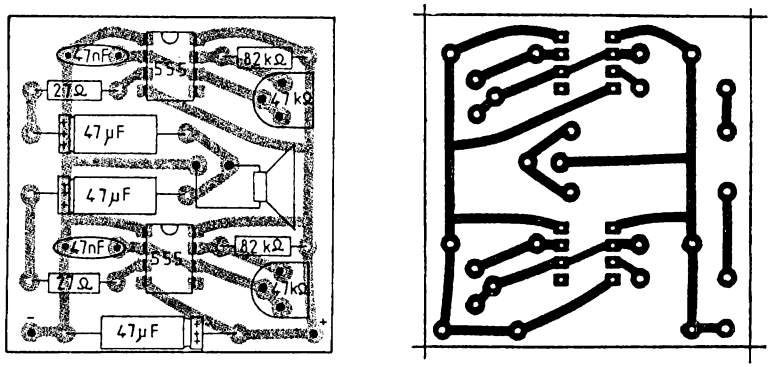


Fig. 2-18. — Réalisation pratique du générateur de paire de fréquences.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
2 x 27 Ω
2 x 8,2 kΩ
2 pot. ajustables 47 kΩ

Condensateurs
2 x 47 nF
3 x 47 µF 10 V

Semiconducteurs
2 x LM 555

Divers
haut-parleur 8 Ω environ Ø 5 cm
pile 9 V

Deux oscillateurs analogues à celui de la *figure 2-1* sont réunis sur le circuit imprimé de la *figure 2-18*, mais sont complétés par un mélangeur à résistances. Le haut-parleur émet donc un signal composé des deux fréquences de ces oscillateurs. Si l'application prévue ne nécessite pas de haut-parleur, on remplacera celui-ci par une résistance de quelques dizaines d'ohms aux bornes de laquelle sera prélevé le résultat du mélange. Le cas échéant, un condensateur de 10 à 100 μF pourra être monté en parallèle avec la sortie pour atténuer les harmoniques que contiennent les signaux rectangulaires des 555.

RÉCEPTEURS "MULTIFRÉQUENCES"

Ceux de nos lecteurs qui auront choisi de réaliser le générateur multifréquences de la *figure 2-13* auront tout intérêt à construire un récepteur ou décodeur présentant des performances similaires.

Le schéma de la *figure 2-19* fait appel à un circuit intégré issu du secteur professionnel, le SSI 202 P, utilisé dans bien des centraux téléphoniques. Il est désormais disponible pour l'amateur à un prix raisonnable, notamment dans les points de vente "TANDY".

Comme ce composant doit être exclusivement alimenté sous 5 V, notre montage comporte un régulateur de tension incorporé permettant un fonctionnement sous 9 V ou davantage. C'est aussi un quartz de 3,58 MHz qui stabilise le réglage "usine" de ce décodeur : mis à part le gain du préamplificateur, l'utilisateur n'a donc strictement rien à régler !

Un transistor commande un voyant (ou un relais) dès que l'une quelconque des seize paires de fréquences possibles est reconnue : dans certains cas, c'est suffisant et on pourra faire l'économie des deux circuits intégrés TTL 74LS138.

Ces deux décodeurs reconstituent chacun huit des seize sorties correspondant aux seize touches du clavier du générateur : avec ces deux modules, il est donc facile de construire un excellent système de télécommande à seize canaux non simultanés. La transmission des ordre pourra se faire sur tout support de communication capable de véhiculer la parole, notamment le téléphone ou la radio.

Le circuit imprimé de la *figure 2-20* comporte plusieurs liaisons très fines, et devra donc être reproduit avec précision. Cela fait, on l'équipera en conformité avec le plan de câblage de la *figure 2-21* : attention à l'orientation des différents circuits intégrés !

En l'absence de signal d'entrée, toutes les sorties des 74LS138 doivent délivrer du + 5 V. Lors de la réception d'un code valide, la sortie correspondante passe au potentiel de la masse. On peut donc commander directement des diodes LED (avec résistances) ou des *relais REED* 5 V/500 Ω en les connectant entre la sortie concernée et le + 5 V disponible sur la carte.

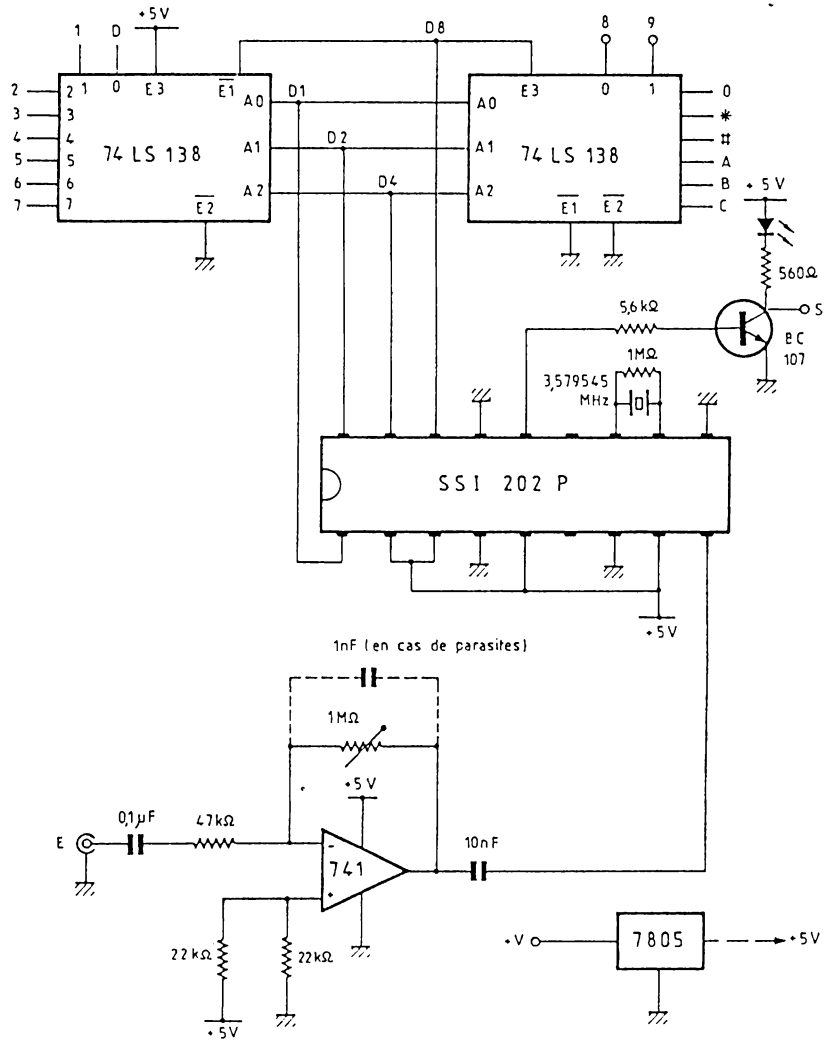


Fig. 2-19. — Un récepteur multifréquences de qualité professionnelle.

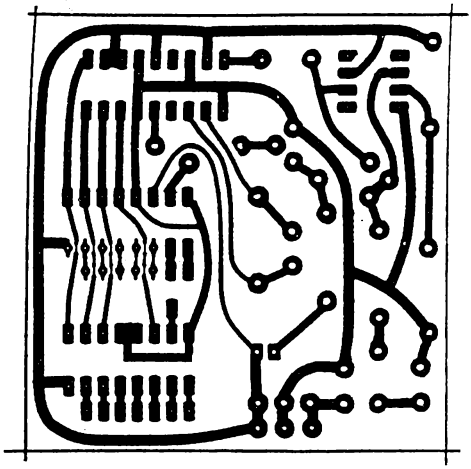


Fig. 2.20.

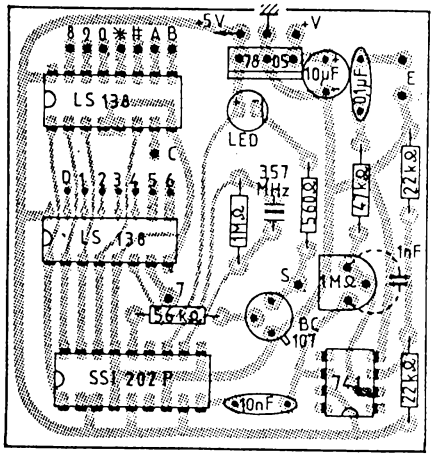


Fig. 2-21. — Réalisation pratique du récepteur "professionnel".

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
560 Ω
5,6 kΩ
2 x 22 kΩ
47 kΩ
1 M Ω
pot. ajustable 1 M Ω

Divers
quartz 3,57 ou 3,58 MHz
(comme le générateur)
alimentation 6 à 15 V environ

Semiconducteurs
SSI 202 P (voir TANDY)
2 x 74 LS 138
LM 741
7805 (régulateur + 5 V)
BC 107 ou similaire
diode LED

Condensateurs
10 nF
0,1 µF
10 µF 40 V
1 nF (facultatif)

Le schéma de la *figure 2-22* est celui d'un décodeur multifréquences "économique", compatible avec les possibilités du générateur de la *figure 2-17*. Nous ne conseillons pas d'utiliser ensemble un générateur et un récepteur de performances très différentes, car l'ensemble s'alignerait sur ce que peut donner le moins bon des deux !

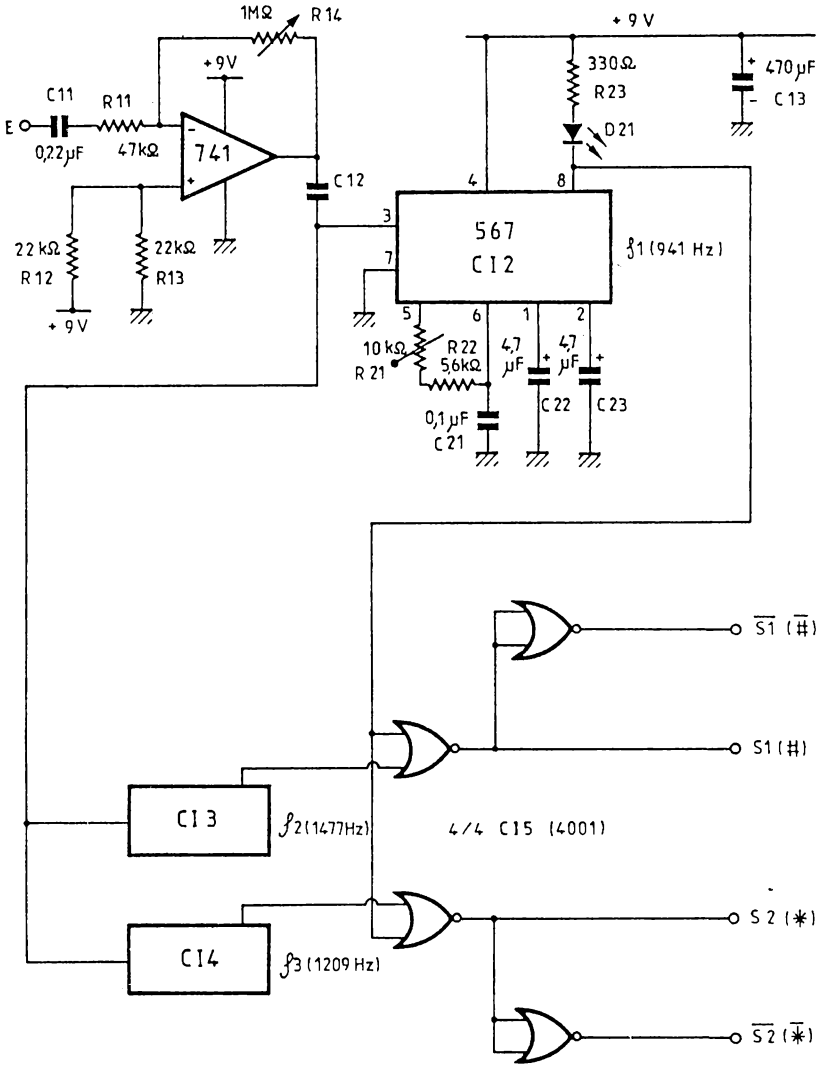


Fig. 2-22. — Un récepteur multifréquences simplifié.

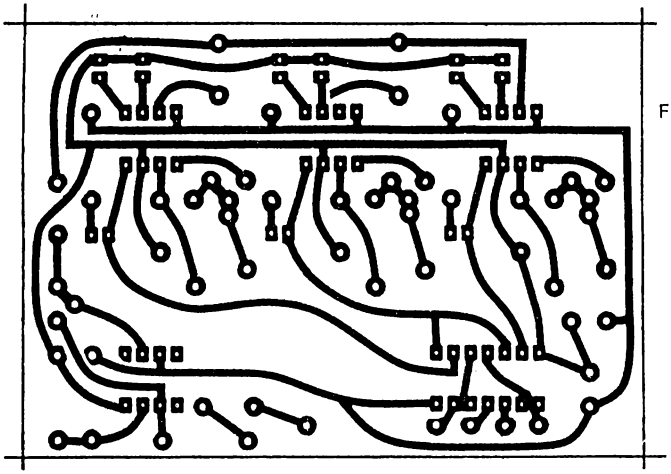


Fig. 2-23.

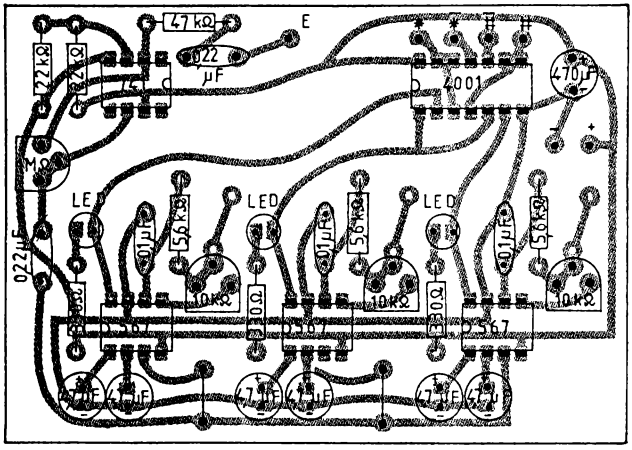


Fig. 2-24. — Réalisation pratique du récepteur multifréquences "simplifié"

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
3 x 330 Ω
3 x 5,6 kΩ
3 pot. ajustables 10 kΩ
2 x 22 kΩ
47 kΩ
pot. ajustable 1 MΩ

Divers
relais selon besoins (9 V)

Semiconducteurs
LM 741
3 x LM 567
3 diodes LED
CD 4001

Condensateurs
3 x 0,1 µF
2 x 0,22 µF
6 x 4,7 µF sorties radiales
470 µF sorties radiales

Notre petit récepteur simple est dérivé du montage de la *figure 2-7,* mais utilise un circuit intégré 4001 (CMOS) en supplément : cette quadruple porte NOR permet aux sorties du décodeur de ne réagir que si deux fréquences sont présentes en même temps. Compte tenu du codage utilisé, il faut donc trois 567 pour deux sorties.

Les sorties S1, S2 d'une part, et $\overline{S1}$, $\overline{S2}$ (complémentaires) d'autre part, sont des sorties CMOS : elles ne peuvent pas débiter autant de courant que des sorties TTL. Elles pourront à la rigueur commander des diodes LED, mais un éventuel relais nécessitera un transistor amplificateur.

Le circuit imprimé de ce montage est dessiné à la *figure 2-23,* tandis que la *figure 2-24* fournit le plan de câblage correspondant.

Les trois LED équipant les 567 sont d'une grande utilité lors du réglage séparé des trois décodeurs de tonalités. On les laissera en place une fois le réglage achevé, car elles sont nécessaires au bon fonctionnement du 4001.

Au moment de prendre une décision quant au choix de l'une ou l'autre version de générateur et de décodeur pour une application donnée, on se souviendra que les modèles à quartz sont plus fiables, plus précis (et plus chers), mais qu'ils ne tolèrent aucune altération de la fréquence lors de la transmission : amateurs de BLU ou d'enregistrements sur cassette s'abstenir !

UN CODEUR-DÉCODEUR UNIVERSEL

Quel que soit le support de transmission utilisé, la simple émission d'une tonalité (ou même d'une paire de tonalités) ne garantit pas une sécurité suffisante pour les applications vraiment "sérieuses" : la plupart du temps, on ne peut pas tolérer le moindre risque de déclenchement intempestif de l'organe commandé.

Lorsque la liaison est perturbée, on peut en revanche souvent accepter que l'ordre tarde à être exécuté, ou à l'extrême limite, qu'il ne le soit pas (il est alors relativement simple de prendre les mesures qui s'imposent, par exemple rapprocher l'émetteur du récepteur).

Parmi les perturbations possibles, il convient évidemment de prendre en compte les tentatives de commande par un "pirate". La solution d'ensemble à tous ces problèmes consiste à transmettre l'ordre de télécommande sous la forme d'un message codé de façon complexe, répété plusieurs fois.

Côté réception, le circuit de décodage ne donnera l'ordre de déclenchement que s'il a reçu exactement le bon message plusieurs fois de suite. Le contenu exact du message codé constitue une véritable clef confidentielle, librement choisie par l'utilisateur. Plusieurs systèmes de télécommande peuvent ainsi utiliser le même support de transmission en un même lieu, sans risque d'interférences.

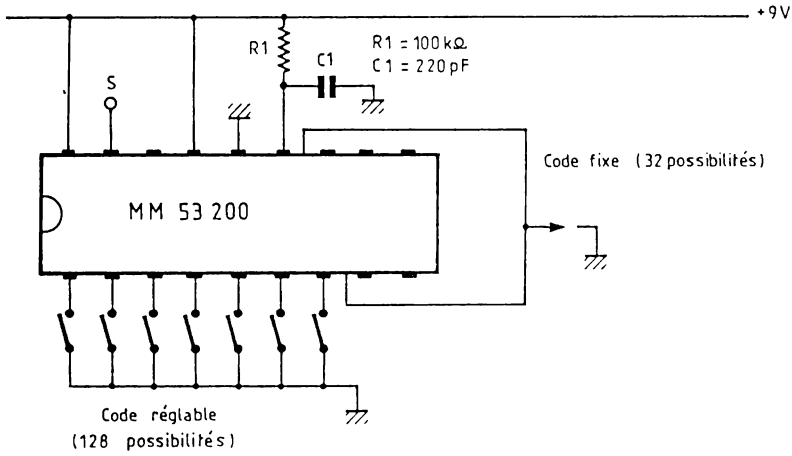


Fig. 2-25. — Schéma d'application du MM 53200.
Beaucoup de composants similaires peuvent le remplacer.

Parallèlement, l'utilisation de plusieurs codeurs associés à plusieurs décodeurs rend possible la construction de systèmes de télécommande à nombre de canaux pratiquement illimité.

La composition du message codé relève des techniques *numériques* ou *digitales :* l'émetteur sera modulé en tout ou rien, ce qui ne permet la transmission que de "zéros" et de "uns". La génération de ce train de "bits". peut être confiée à bien des montages : circuit en logique câblée ou microprocesseur par exemple.

En fait, compte tenu de l'importance considérable du marché des systèmes de télécommande, les fabricants de circuits intégrés ont créé des produits spécialement conçus à cet effet. Le "grand classique" est le MM 53200 de NATIONAL SEMICONDUCTOR, facilement disponible chez les détaillants à un prix raisonnable. Très simple d'emploi, c'est lui qui servira à construire les deux modules qui vont maintenant être décrits : un *codeur* et un *décodeur*. Le MM 53200 peut en effet remplir ces deux rôles, selon l'état logique appliqué à l'une de ses broches.

La *figure 2-25* fournit le schéma de principe du circuit *codeur*, d'une extrême simplicité : à part le circuit intégré, les seuls composants indispensables sont un condensateur et une résistance. Ce réseau RC fixe la fréquence de l'oscillateur d'horloge chargé de cadencer le fonctionnement interne du codeur.

Il est important que le décodeur soit équipé de composants de mêmes valeurs, ou tout au moins que le *produit RC* soit identique. Si cette condition

n'est pas respectée, le décodeur ignorera les ordres reçus du codeur. Le choix (dans certaines limites) de la fréquence d'horloge par l'utilisateur offre donc une possibilité de "surcodage" améliorant la sécurité du système.

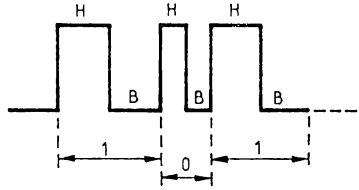


Fig. 2-26. — Le codage utilisé par le MM 53200.

Le codage proprement dit fait appel au principe représenté à la *figure 2-26* : le codeur construit un message composé de treize impulsions, comprenant un état "haut" suivi d'un état "bas" de même durée. Le "1" logique se différencie du "0" par une durée double. Sur ces treize impulsions, douze peuvent être librement programmées à 1 ou à 0 par l'utilisateur : il suffit pour cela de mettre à la masse les broches prévues à cet effet. La première impulsion n'est pas accessible à l'utilisateur, car il s'agit d'un "bit de départ". 4096 combinaisons distinctes peuvent donc être définies, ce qui est généralement exagéré.

Dans notre système, nous avons scindé en deux ces possibilités de codage :

— un "code fixe" de 5 bits (32 possibilités distinctes) qui pourra être fixé une fois pour toutes par simple dessin du circuit imprimé : tous les codeurs ou décodeurs fabriqués par le même utilisateur auront le même code "fixe".

— un "code réglable" de 7 bits (128 possibilités distinctes), pouvant être modifié à tout moment par le jeu d'interrupteurs miniatures ou à la rigueur de straps soudés : c'est à ce niveau que l'utilisateur pourra "personnaliser" les codeurs et décodeurs destinés à fonctionner ensemble. Eventuellement, les codes "réglables" pourront être modifiés de temps à autre si la sécurité l'exige !

La sortie du codeur est disponible sous la forme de niveaux logiques "CMOS", faciles à utiliser. Le circuit du *décodeur* apparaît à la *figure 2-27* : il est plus compliqué que celui du codeur, car au montage de base utilisant le MM 53200 s'ajoutent quelques fonctions annexes, qui seront utiles par la suite :

— Un préamplificateur, suivi d'un circuit de mise en forme, permettant au décodeur de s'accomoder de signaux notablement malmenés par les organes de transmission.

— Un monostable suivi d'un étage de commande de relais, chargé d'assurer une durée fixe à l'impulsion de sortie, quelle que soit la durée de l'appui sur le bouton de commande et les conditions de transmission.

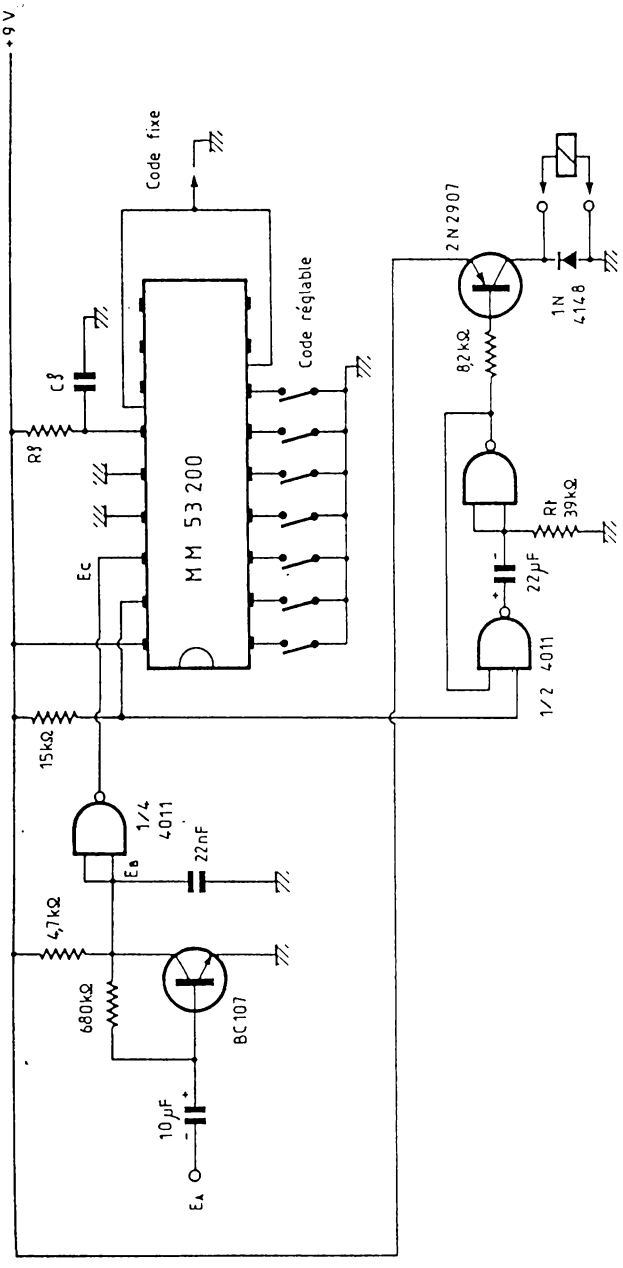
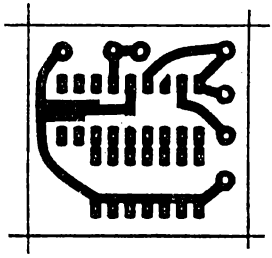


Fig. 2-27. — Schéma du décodeur MM 53200.



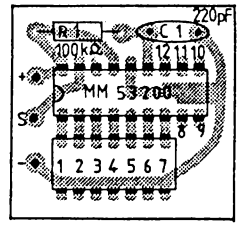


Fig. 2-28 et 2-29. — Réalisation pratique du module "codeur".

NOMENCLATURE

Résistances 5% 1/4 W : *R1 100 kΩ* (voir texte)

Condensateurs céramique : *C1 220 pF 100 V*

Circuits intégrés : *CI1 MM 53200*

Divers : *1 barrette d'interrupteurs DIL à 7 circuits*

Ces circuits supplémentaires permettent donc au décodeur d'être attaqué directement par à peu près n'importe quel dispositif récepteur ne passant pas nécessairement le continu (récepteur radio, par exemple), et de commander toutes sortes de petits relais, électro-aimants, ou montages nécessitant un niveau de + 9 V.

Le codeur tient, avec sa barrette de 7 interrupteurs "DIL", sur un très petit circuit imprimé (c'est important pour la construction de boîtiers portatifs) dont la *figure 2-28* donne le tracé.

Le circuit du décodeur est plus complexe, en raison des composants supplémentaires de traitement du signal. L'encombrement de la carte gravée selon la *figure 2-30* reste cependant très acceptable pour une utilisation à poste fixe.

Le câblage du codeur d'après la *figure 2-29* ne pose pas de problème particulier, mais la réalisation du décodeur selon la *figure 2-31* appelle quelques commentaires.

Il convient tout d'abord de ne pas oublier le strap inclus dans la ligne d'alimentation, et de veiller à la bonne orientation des composants polarisés.

Si cela n'a pas été fait lors du tirage des circuits imprimés, on exécutera les liaisons matérialisant le "code fixe" au moyen de points de soudure *identiques sur le codeur et le décodeur.* Dans un premier temps, on pourra bien sûr conserver le code provisoire prévu dans nos tracés de circuits imprimés (broches 8 à 12 "en l'air").

Selon l'application prévue, certains lecteurs pourront préférer se passer de tout ou partie des étages d'entrée : si l'entrée EA ne sert pas, il est possible d'omettre le transistor et ses composants associés, ce qui crée l'entrée EB. On pourra laisser en place le réseau RC disposé en entrée de la porte CMOS, si des parasites sont à craindre. Il est important de noter que cette entrée EB *inverse le signal.*

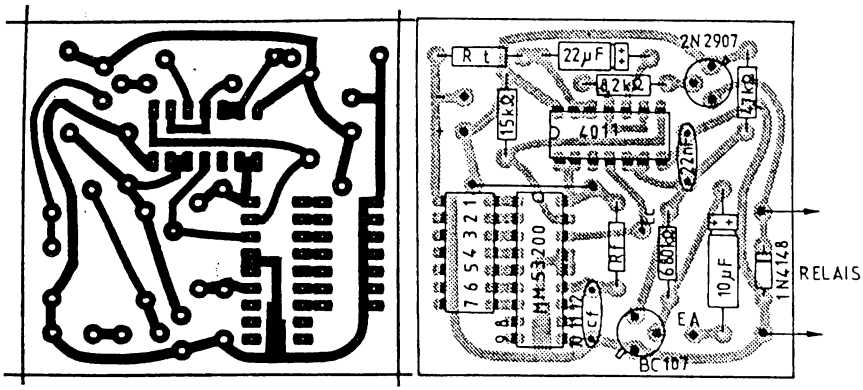


Fig. 2-30 et 2-31. — Réalisation pratique du module "décodeur".

NOMENCLATURE

Résistances 5 % 1/4 W
680 kΩ
4,7 kΩ
15 kΩ
8,2 kΩ
Rf comme R1 codeur (voir texte)
Rt 39 kΩ (voir texte)

Condensateur MKH et chimiques 16 V
10 µF
22 µF
22 µF (voir texte)
Cf comme C1 codeur (voir texte)

Circuits intégrés
MM 53200
CD 4011 B

Transistors
BC 107
2N 2907

Diodes
1N 4148

Divers
1 barrette d'interrupteur DIL à 7 circuits
1 relais 9 V selon besoins (voir texte)

Pour utiliser l'entrée EC, il est indispensable de couper la piste du circuit imprimé venant de la sortie du 4011 : on dispose alors d'un accès direct au MM 53200 : attention !

Il est facile de vérifier à l'oscilloscope le fonctionnement du codeur, qui doit délivrer un train de messages binaires dès qu'il est sous tension : à cette occasion, on pourra constater l'action des interrupteurs de codage, et du réseau RC d'horloge. Il est conseillé d'utiliser, à ce niveau, des valeurs menant à un produit R x C de 22 microsecondes (fréquence d'horloge légèrement supérieure à 45 kHz). 100 kΩ/220 pF et 4,7 kΩ/4,7 nF mènent par exemple exactement au même résultat.

Il n'est guère intéressant d'augmenter cette fréquence, mais il peut parfois être nécessaire de la diminuer : un essai peut facilement être mené en multipliant par dix la valeur du condensateur. On constatera alors que les impulsions s'allongent (ce qui augmente la fiabilité de la transmission), mais qu'il faut davantage de temps pour transmettre un nombre suffisant de messages codés. A 45 kHz, le décodeur réagira presque instantanément, mais à 4,5 kHz, il mettra une bonne seconde à accepter l'ordre : à vous de choisir !

Le décodeur sera testé en raccordant son entrée EA à la sortie du codeur : si le code "réglable" est le même des deux côtés, le relais branché à la sortie du codeur doit coller environ une seconde dès que le codeur est mis sous tension. Il ne collera de nouveau que si le codeur est arrêté, puis à nouveau mis sous tension. Il est facile d'augmenter la durée de collage du relais en remplaçant la résistance Rt (39 kΩ) par une plus forte. En augmentant aussi la valeur du condensateur associé (22 μF), on peut aisément dépasser les dix minutes !

Bien que ces deux modules puissent éventuellement servir seuls dans certaines applications du genre "serrure électronique", on aura presque toujours besoin de leur adjoindre des circuits de transmission par fil, rayons infrarouges, ultrasons, radio, etc. La plupart des montages de transmission qui seront décrits dans les prochains chapitres de cet ouvrage seront conçus de façon à pouvoir être directement raccordés à ces deux modules.

Cela n'exclut évidemment pas la possibilité d'utiliser d'autres types de codeurs ou décodeurs digitaux : il en existe d'excellents chez beaucoup de fabricants de circuits intégrés, et il en apparaît régulièrement de nouveaux : à vous de dessiner les circuits imprimés nécessaires d'après la notice technique de ces composants !

CODEURS ET DÉCODEURS "TYPE TÉLÉVISION"

La télécommande depuis un fauteuil des principales fonctions d'un téléviseur ou d'un magnétoscope est un domaine à succès de l'électronique de grande consommation. Des circuits intégrés très performants ont donc été développés par de nombreux fabricants pour réaliser les émetteurs et récepteurs nécessaires.

Ces composants peuvent être d'une utilité appréciable pour télécommander toutes sortes d'équipements autres que ceux d'origine. Il est toutefois difficile de publier dans un livre, qu'il ne saurait être question de remettre à jour chaque mois, des plans à caractère "définitif" : les catalogues de circuits intégrés des fabricants évoluent continuellement suivant les besoins exprimés par les constructeurs de téléviseurs. Il arrive fréquemment qu'un

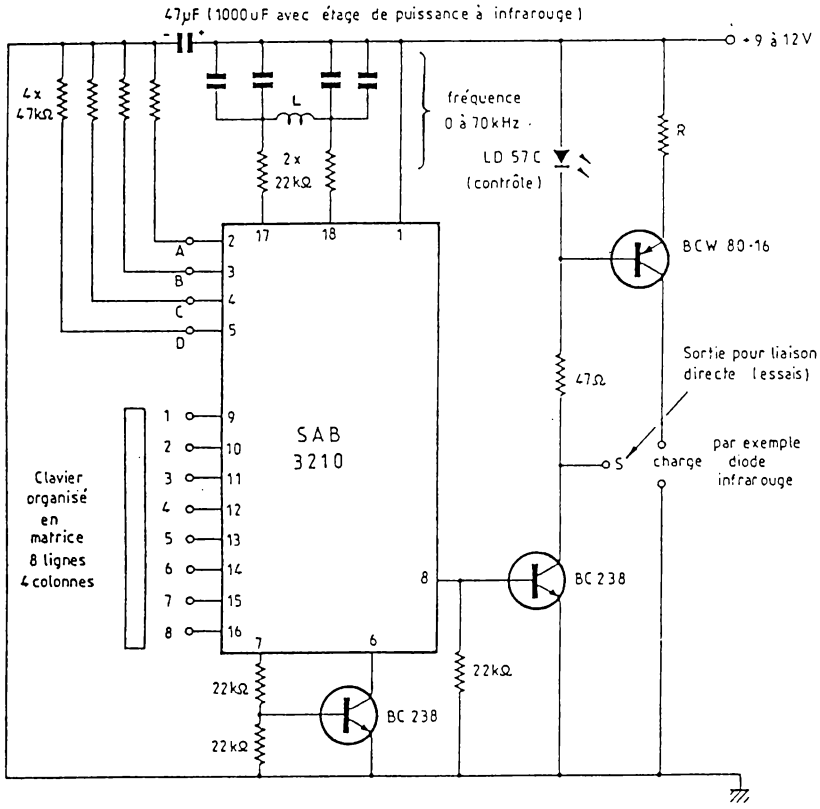


Fig. 2-32. — Un exemple de codeur "type TV".

composant donné (au demeurant excellent !) ne soit disponible au détail que pendant quelques mois, puis soit brusquement retiré de la fabrication. Dans le meilleur des cas, un remplaçant approximatif apparaît, mais pas toujours !

C'est donc à titre purement indicatif que nous reproduisons ici les plans d'un codeur et d'un décodeur type télécommande TV, sans aucune garantie quant à la disponibilité commerciale des composants cités. Nos lecteurs intéressés devront utiliser les composants présents sur le marché lorsqu'ils passeront à l'action et se procurer la notice technique correspondante.

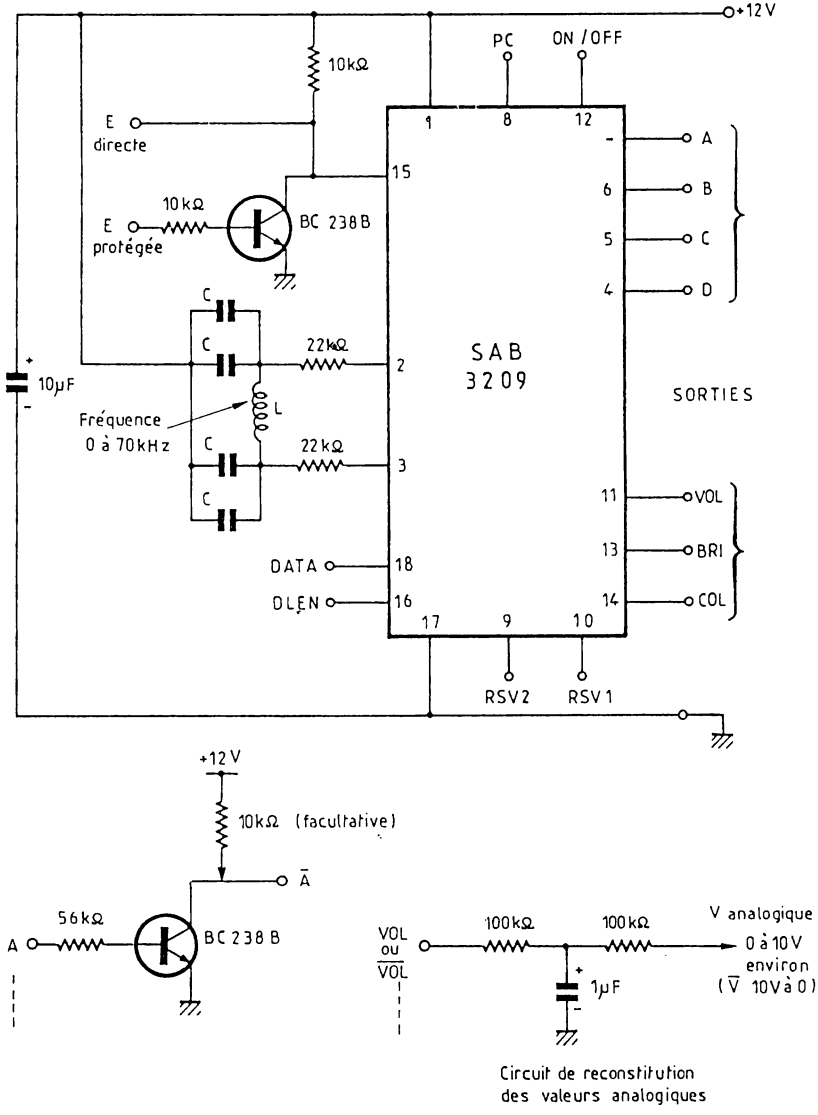


Fig. 2-33. — Un exemple de décodeur "type TV".

De toute façon, tous les schémas d'application se ressemblent fort : un clavier pour l'émetteur, et une série de sorties pour le récepteur. En général, le numéro de la chaîne TV appelée par l'émetteur est disponible en binaire sur quatre sorties du récepteur, tandis que quelques sorties dites "analogiques" fournissent un signal rectangulaire dont le rapport cyclique peut être ajusté par crans, en plus ou en moins, au moyen de certaines touches de l'émetteur.

Quelques fonctions annexes sont souvent prévues, qui font la différence entre les diverses versions commercialisées. La plupart du temps, ces composants sont prévus pour fonctionner avec une liaison par infrarouges, mais d'autres modes de transmission peuvent être utilisés.

Les *figures 2-32 et 2-33* donnent deux exemples de montages expérimentaux permettant de faire connaissance avec les circuits codeurs et décodeurs. Moyennant quelques adaptations, ils pourront être utilisés avec la plupart des composants existants ou à venir.

CHAPITRE 3

TÉLÉCOMMANDES PAR FIL

UN MODE DE TRANSMISSION À NE PAS NÉGLIGER

Pour l'électronicien moderne, rompu aux techniques de transmission hertziennes ou optiques, utiliser un fil ou un câble peut sembler quelque peu dégradant ! Pourtant, les meilleurs professionnels n'hésitent pas, lorsque les circonstances le justifient, à mettre à contribution ce support de communication, qui présente certains avantages non négligeables.

Au plan de la sécurité, d'abord, il est évident qu'un éventuel "pirate" devra intervenir physiquement sur les conducteurs pour tenter d'imposer sa volonté au système commandé. Si le câble passe dans des lieux peu accessibles, son travail risque d'être laborieux...

Côté discrétion, il faut savoir qu'un câble correctement utilisé ne rayonne pas de signaux décelables : il ne risque donc pas de perturber l'environnement, ni de permettre à un tiers de localiser le système. Enfin, les circuits électroniques ou électriques de télécommande par fil sont parmi les plus simples qui soient !

En pratique, l'amateur songera aux systèmes à fil pour les télécommandes à courte distance entre points fixes, ou lorsque des câbles existants pourront être réutilisés facilement. Nous étudierons dans le détail différents moyens permettant de mettre à contribution diverses catégories de câbles existants, par *superposition* d'ordres de télécommande aux courants déjà véhiculés par ces installations. Pour le moment, intéressons-nous d'abord au cas le plus simple : supposons que nous disposons de conducteurs spécialement réservés à nos projets de télécommande.

TÉLÉCOMMANDES MULTIFILAIRES

La télécommande la plus simple possible fait appel à un conducteur distinct (plus un retour) pour chaque fonction élémentaire qu'il faut commander. Côté émission, l'équipement se réduit donc à des interrupteurs (pour les commandes tout ou rien) et éventuellement à des potentiomètres (pour les commandes proportionnelles).

Côté réception, on peut parfois commander directement les actionneurs par les courants passant dans les fils de commande, mais le plus souvent il faudra intercaler des *relais* ou des *amplificateurs.* En effet, la commande se fait presque toujours en *basse tension* et *courant faible,* tandis que beaucoup d'actionneurs fonctionnent sur le secteur. Nous ne nous attarderons pas davantage sur ce type de télécommande, qui relève plus de l'électricité que de l'électronique.

Nous devions cependant le signaler, pour être aussi complet que possible ; de plus, lorsque la décision est prise de poser un câble, le nombre de conducteurs qu'il contient n'influe guère sur la somme de travail à fournir, ni sur le coût de l'opération, puisqu'il s'agit de conducteurs de faible section (câbles pour téléphone).

Intéressons-nous donc maintenant aux montages permettant de faire passer des ordres plus complexes sur un nombre minimal de conducteurs.

TÉLÉCOMMANDE PAR TENSION CONTINUE

Une tension continue peut évidemment servir à télécommander un système "tout ou rien", par sa simple présence ou absence. Des commandes plus sophistiquées peuvent toutefois être imaginées, dès lors que l'on considère la valeur (voltage) de cette tension comme une information à part entière.

Le montage de la *figure 3-1* est capable d'actionner un dispositif donné parmi quatre (ici, des diodes LED) selon la valeur de la tension appliquée à son entrée E. Pour les essais, on pourra attaquer le montage par un simple potentiomètre alimenté par le 12 V général mais, pour une application réelle, on préférera généralement utiliser un commutateur à quatre touches ou rotatif. A chaque position correspondra un petit potentiomètre ajustable, que l'on règlera de façon qu'il commande bien l'allumage de l'une des

quatre LED. Si une alimentation séparée est prévue pour ces potentiomètres, il suffira de deux fils (une "paire") pour assurer la liaison. Si la même alimentation doit servir à la fois pour l'émetteur et pour le récepteur, alors trois fils seront nécessaires.

Une application possible de ce montage serait la commande séparée de quatre sonneries indépendantes à l'aide d'un câblage prévu pour une seule (maison habitée par plusieurs familles).

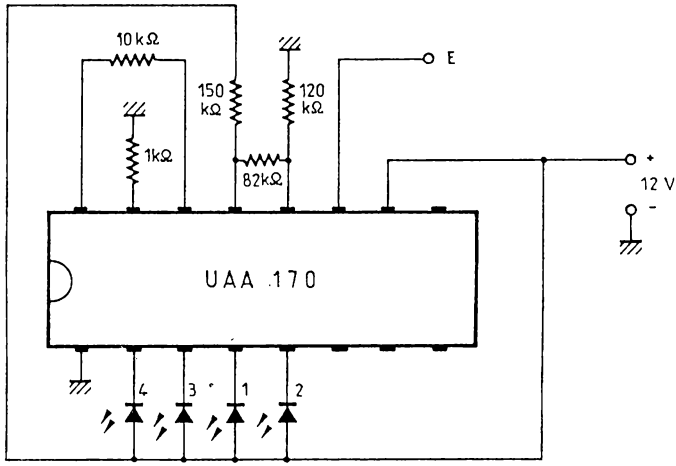


Fig. 3-1. — Un système simple de télécommande par tension continue variable

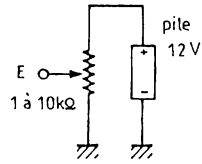
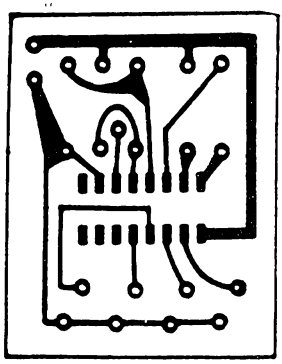


Fig. 3-2. — Un branchement 2 fils

Le petit circuit imprimé de la *figure 3-3* peut recevoir tous les composants du montage selon le plan de la *figure 3-4*. Les essais achevés, on remplacera bien sûr les diodes LED par de véritables organes de commande, ne consommant toutefois pas plus de 15 à 20 mA (relais miniatures, par exemple). La valeur de la résistance de 82 kΩ pourra éventuellement être modifiée pour altérer l'échelonnement des tensions commandant les sorties du circuit intégré UAA 170.



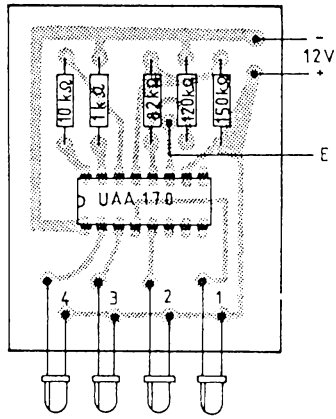


Fig. 3-3 et 3-4. — Réalisation pratique du montage de la figure 3-1.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
1 kΩ
10 kΩ
82 kΩ
120 kΩ
150 kΩ
(voir texte)

Semiconducteurs
UAA 170 SIEMENS
4 diodes LED

Divers
potentiomètre et alimentations selon besoins (voir texte)

TÉLÉCOMMANDE D'ORIENTATION D'ANTENNE

Voici le seul montage de télécommande purement proportionnelle de cet ouvrage : il peut servir à orienter précisément une antenne de radio FM ou de télévision (ou même une parabole "satellite") en actionnant simplement un potentiomètre. Bien entendu, la partie mécanique est supposée exister : nous nous limiterons ici à piloter le moteur dans sa rotation bidirectionnelle.

Le principe utilisé dans notre montage consiste à comparer deux tensions représentatives de l'ordre à exécuter, d'une part, et de la position de l'antenne commandée, d'autre part. Le résultat de cette comparaison décide de l'opportunité de faire tourner le moteur et du sens dans lequel il faut

effectuer cette manœuvre. En pratique, on prévoit une petite zone morte de part et d'autre de la position d'équilibre afin d'éviter toute hésitation ou "pompage". Dans notre cas, la tension dite de "consigne" est fournie par un potentiomètre, alors que la tension de "recopie" provient d'un potentiomètre solidaire de l'antenne commandée.

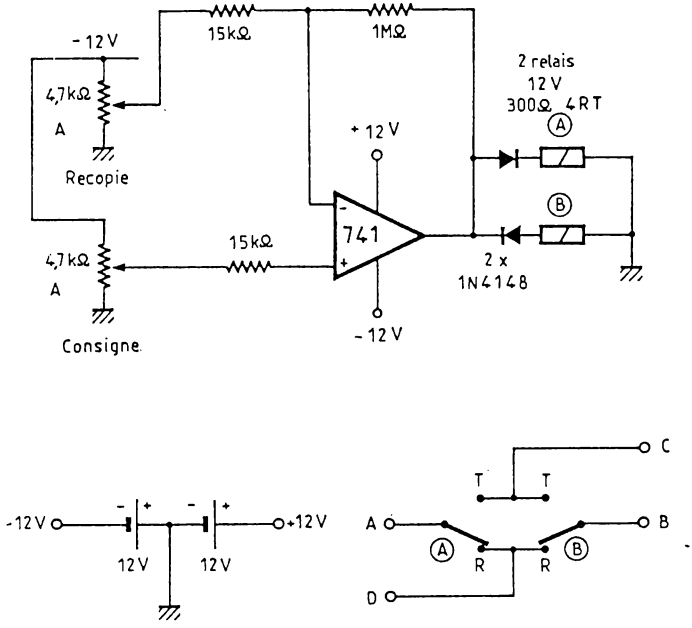


Fig. 3-5. — Un exemple de télécommande proportionnelle par câble.

La *figure 3-5* montre que la comparaison est réalisée par un ampli opérationnel 741 (ou TBA 221 B) dont le gain, fixé par une résistance de 1 MΩ, détermine la zone morte de l'asservissement par l'intermédiaire du seuil de collage des deux relais 12 V-300Ω. En effet, lorsque l'égalité des tensions de consigne et de recopie est obtenue, la tension de sortie de l'ampli est nulle, d'où le décollage des deux relais rejoignant la masse. Tout déséquilibre dans un sens ou dans l'autre entraîne après amplification l'apparition d'une tension positive ou négative qui ne peut faire coller l'un des relais qu'à partir de 9 V environ. Notons que la tension de commande des relais ne pourra dépasser 12 V, l'ampli venant en saturation lorsque l'écart devient trop important.

Dans ces conditions, il est logique d'affecter l'un des relais à la marche avant, l'autre à la marche arrière, l'arrêt étant obtenu lors du décollage simultané des deux relais. Remarquons que la présence des deux diodes interdit tout collage simultané des deux relais.

L'interconnexion des contacts est prévue selon un schéma universel permettant, grâce à 4 bornes référencées A, B, C, D, le couplage de tout moteur courant, alternatif ou continu.

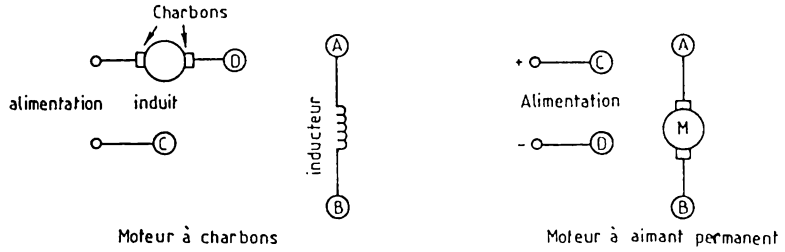


Fig. 3-6. — Comment raccorder les moteurs les plus courants.

La *figure 3-6* donne les détails nécessaires. Dans le cas des moteurs dits "universels" ou "à charbons", couramment récupérables sur les appareils électro-ménagers les plus divers, il convient de séparer l'inducteur de l'induit, ce qui revient à débrancher le fil reliant les bobinages de la carcasse à l'un des charbons. En effet, dans ce type de moteur, l'inversion de marche se fait en permutant les connexions soit de l'induit, soit de l'inducteur.

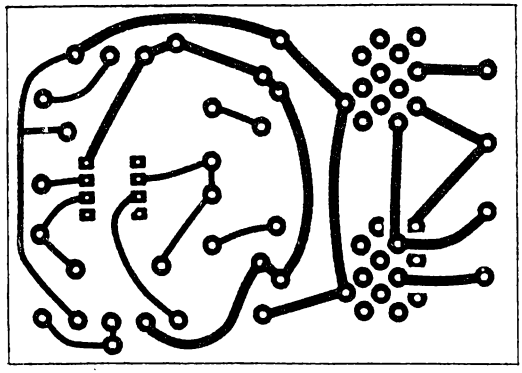
Le circuit imprimé de la *figure 3-7* accepte tous les composants du montage, relais compris, à l'exception des organes de recopie (potentiomètre) qui doivent être liés mécaniquement au déplacement de l'organe commandé.

Selon les particularités du problème à résoudre, on pourra faire appel à des potentiomètres à déplacement circulaire ou rectiligne. Signalons que si la liaison mécanique organe commandé-potentiomètre de recopie doit être très rigide pour éviter tout décalage, il est indispensable de prévoir deux interrupteurs (microswitches) servant de sécurité de fin de course coupant l'alimentation du moteur en cas d'emballement du système. Cet emballement peut survenir en cas de défaillance d'un quelconque composant, mais surtout, a une chance sur deux de se produire lors du premier essai. En effet, si les connexions du moteur sont permutées, la régulation tendra à faire fuir au système sa position d'équilibre d'où une venue en butée à grande vitesse.

A ce propos, rappelons bien que le moteur doit être muni d'un réducteur de vitesse à engrenages ou courroies dont le rôle est double :

— augmenter le couple moteur donc l'effort appliqué au système mobile ;

— ralentir les mouvements de façon à éviter tout pompage malgré une zone morte aussi réduite que possible.



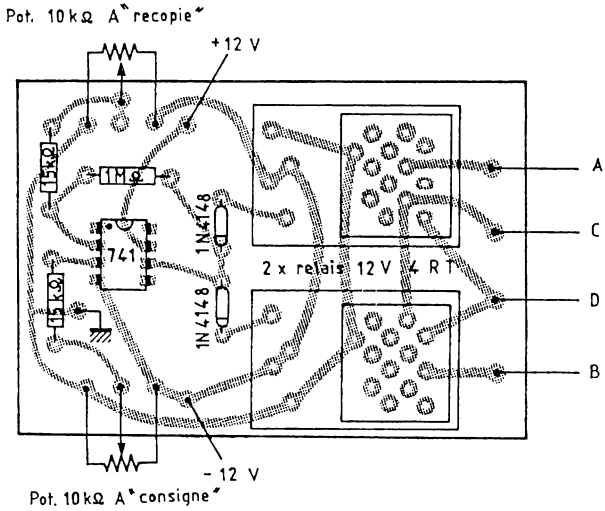


Fig. 3-7. — Réalisation pratique du montage de la figure 3-5.

NOMENCLATURE

Résistances

(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
2 potentiomètres 4,7 kΩ
2 x 15 kΩ
1 M Ω

Semiconducteurs

LM 741
2 x 1N 4148

Divers

2 relais 12 V 300 Ω 4 inverseurs
(type européen genre V23154 SIEMENS)
alimentation double 2 x 12 à 15 V

En effet, dans le genre d'applications que nous suggérons, une extrême rapidité de réaction n'est pas primordiale. Mieux vaut alors jouer la sécurité et la précision.

Comme dans notre précédent montage, nous conseillons de placer toute l'électronique à proximité du moteur, et de prévoir une alimentation auxiliaire (pile) pour le potentiomètre de consigne. Ainsi, deux conducteurs suffiront pour la transmission des ordres d'orientation.

Une excellente solution consiste à faire passer cette tension de commande par le câble coaxial de descente, qu'il faut de toute façon poser, en utilisant les filtres spéciaux vendus pour la télé-alimentation des amplificateurs d'antenne.

TÉLÉCOMMANDE PAR CADRAN TÉLÉPHONIQUE

Un cadran de téléphone (pièce très facile à récupérer) permet normalement de transmettre vers le central les ordres nécessaires à la sélection d'un abonné précis parmi des millions, et ce à l'aide de deux fils de ligne seulement. Le principe peut être repris pour réaliser un petit système de télécommande capable de commander une dizaine de dispositifs indépendants : il suffira de composer au cadran le chiffre correspondant ! Un cadran de téléphone contient un contact normalement fermé, qui s'ouvre un nombre de fois égal au chiffre composé, sauf pour le zéro, qui produit dix ouvertures.

Le montage de la *figure 3-8* se compose essentiellement d'un circuit intégré *compteur*, capable de déterminer quel chiffre vient d'être composé. La remise à zéro se fait par un bouton-poussoir capable d'ouvrir le circuit pendant une durée très supérieure à celle d'une impulsion de numérotation (une seconde suffit généralement).

Ce schéma, ainsi que le circuit imprimé de la *figure 3-9*, qui sera câblé selon la *figure 3-10*, a été étudié en vue de diverses expérimentations dans le domaine téléphonique. Certaines connexions ne serviront donc pas pour cette application, et il sera même possible d'omettre certains composants facultatifs. En particulier, le régulateur de tension n'est nécessaire que si le module doit fonctionner sous plus de 15 V (en téléphonie, on utilise couramment du 48 V).

Le fonctionnement du montage est le suivant. Le contact "RAZ" étant fermé, on compose au cadran un chiffre compris entre 1 et 9. Une seconde environ plus tard, le transistor équipant la sortie portant le numéro correspondant devient conducteur. Tant que le contact "RAZ" restera fermé, ce transistor oscillera entre l'état conducteur et l'état bloqué, à un rythme voisin de celui d'une sonnerie de téléphone : on pourra donc lui faire commander toutes sortes de dispositifs de signalisation, ou un relais miniature qui battra au même rythme. Le cas échéant, ce comportement peut être modifié en jouant sur les valeurs des éléments RC du multivibrateur CMOS.

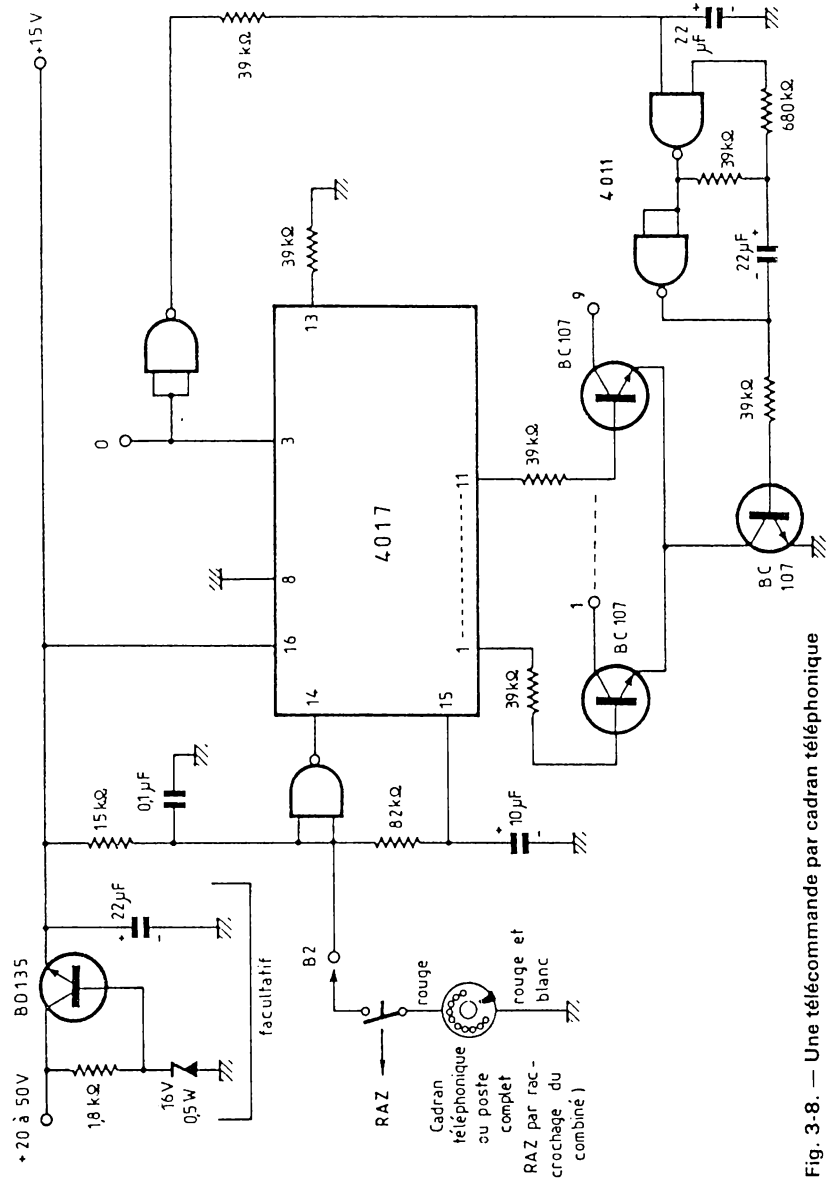


Fig. 3-8. — Une télécommande par cadran téléphonique

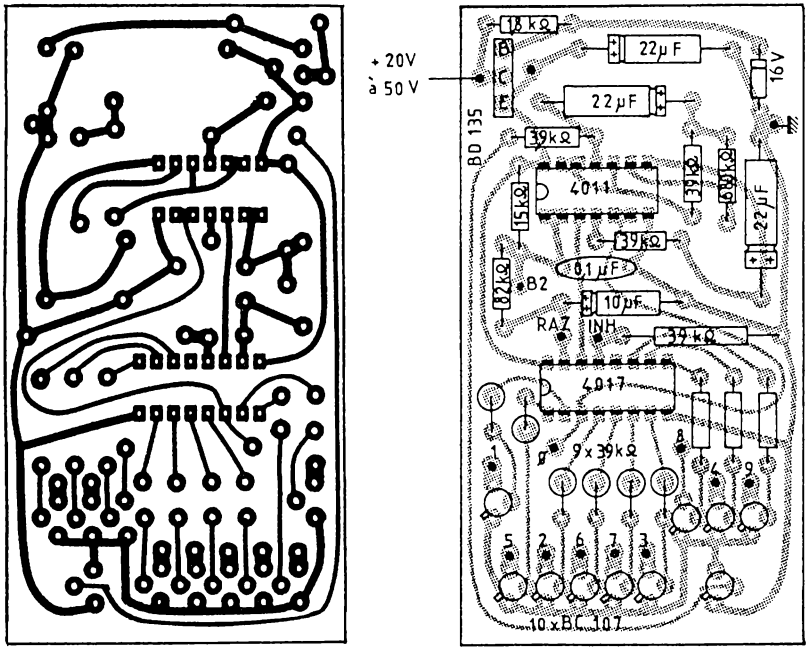


Fig. 3-9 et 3-10. — Réalisation pratique du décodeur pour cadran téléphonique.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
1,8 kΩ (facultatif)
15 kΩ
82 kΩ
5 à 13 x 39 k Ω selon besoins
680 kΩ

Condensateurs
0,1 µF
10 µF 16 V
3 x 22 µF 16V

Semiconducteurs
CD 4017 B
CD 4011 B
2 à 10 BC 107 selon besoins
BD 135 (facultatif)
diode zener 16 V 0,5 W (facultatif)

Divers
cadran téléphonique
bouton-poussoir fermé au repos

Dès que l'on ouvre à nouveau le contact "RAZ", le compteur revient à zéro, et toutes les sorties reviennent au repos. Une seule sortie peut être "active" en même temps, mais rien n'empêche de prévoir un montage à mémoire (relais auto-collés) permettant des commandes simultanées. La sortie "0" pourrait alors servir à la remise à zéro générale de ces relais lors d'un repos de longue durée.

Pour des applications ne nécessitant pas une telle commande "pulsée", on pourra mettre directement à la masse les émetteurs de tous les transistors de sortie. On observera cependant un bref passage en conduction, pendant la numérotation, de tous les transistors de rang inférieur au chiffre composé. Au lecteur de juger si ce phénomène est gênant dans le cadre de son application précise.

TÉLÉCOMMANDE DE "PORTIER"

Quoi de plus banal que le circuit de sonnerie d'un appartement, même s'il est équipé d'un carillon électronique ? Dans la plupart des immeubles collectifs, cependant, le câblage existant d'origine permet d'introduire très facilement plusieurs "services nouveaux", sans la moindre intervention sur le matériel situé dans les "parties communes". Le montage que nous allons décrire rendra certainement de fiers services à ceux de nos lecteurs qui reçoivent fréquemment des visites tardives, ou à ceux qui se font une spécialité d'oublier la clef du hall...

Il existe principalement trois types d'installations de sonnerie dans les immeubles collectifs. Les deux premiers sont strictement "privatifs", un simple bouton de palier commandant une sonnerie ou un carillon situé dans l'appartement. La différence se situe au niveau de l'alimentation, assurée soit par des piles, soit par un transformateur individuel. Le troisième type d'installation, dit "collectif", est de très loin le plus répandu et le plus riche d'applications pour l'électronicien imaginatif.

Un unique transformateur alimenté par le circuit de minuterie des parties communes fournit du 24 V alternatif à toutes les sonneries, et à une gâche électrique pouvant être commandée depuis chaque appartement, sur appel émanant d'un bouton de sonnerie extérieur.

En l'absence d'interphone, l'inconvénient de ce système est que rien ne permet, d'origine, de distinguer si un appel provient (ou provenait, si l'on tarde à répondre !) d'en haut ou d'en bas. De plus, lorsque la porte du hall est verrouillée et qu'il n'y a personne à l'appartement, il faut absolument avoir la clef sur soi pour pouvoir entrer.

La *figure 3-11* reproduit le schéma électrique d'une telle installation, dont les variantes possibles ne diffèrent que fort peu de ce modèle, qui utilise un strict minimum de fils. Plusieurs remarques peuvent être faites à l'examen de cette figure :

— A condition de savoir où chercher, on dispose à l'appartement d'une source "gratuite" de 24 V alternatif sous près d'un ampère en pointe.

— Rien n'empêche, moyennant une modification mineure du branchement existant, de raccorder deux sonneries distinctes aux boutons "du haut" et "du bas".

— Normalement commandée par un bouton-poussoir, la gâche de la porte du hall pourrait fort bien être pilotée par un montage électronique quelconque, autrement dit par une *télécommande*.

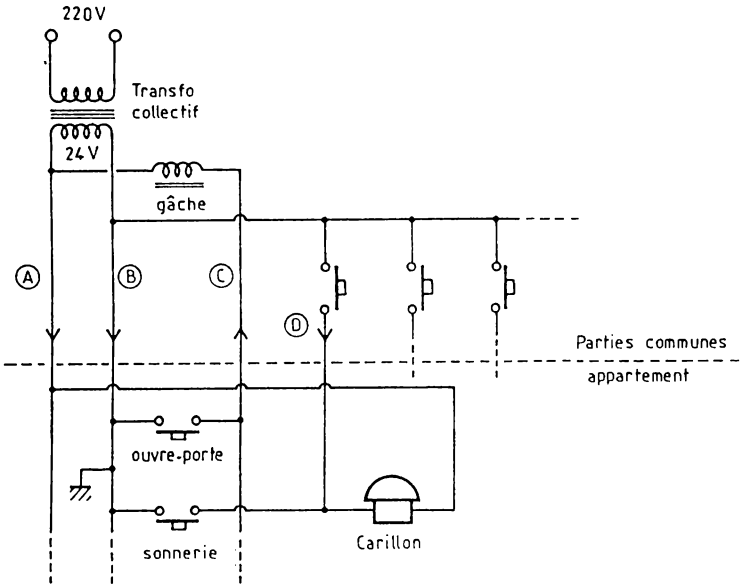


Fig. 3-11. — Un schéma très répandu... qu'il est facilé d'améliorer.

Notre schéma de la *figure 3-12* découle tout naturellement des remarques précédentes. Il utilise deux circuits de carillon qui, fabriqués par SIEMENS, sont rapidement devenus des "standards de l'industrie" :

— Un SAB 0600, capable d'émettre un "petit air" composé de trois notes de gong.

— Un SAB 0602, se limitant à deux notes, et réglé sur des tonalités différentes.

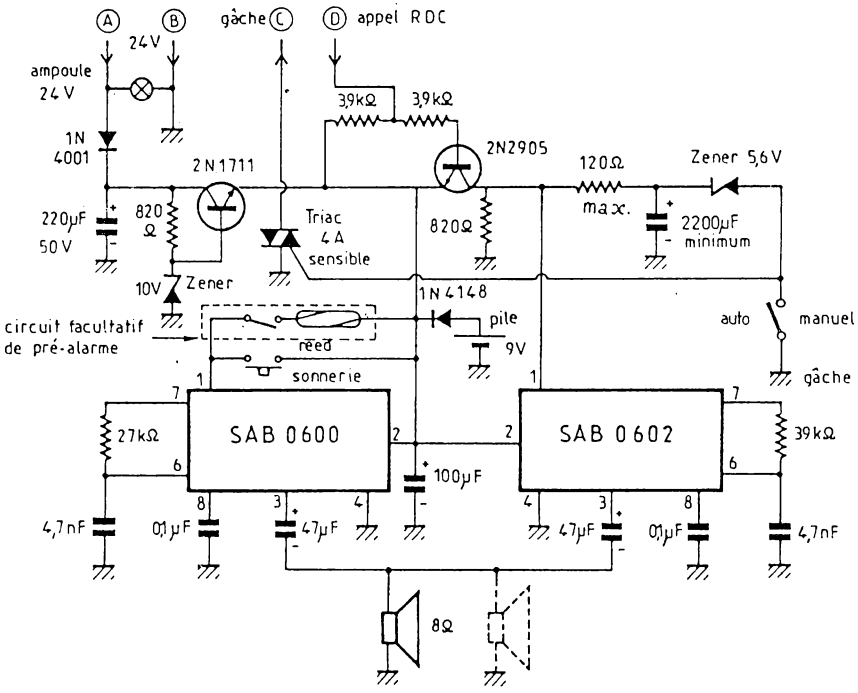


Fig. 3-12. — Une sonnerie d'appartement "intelligente".

Un seul haut-parleur (ou plusieurs en parallèle répartis dans l'appartement) est partagé entre les deux carillons, qui fonctionnent également sur une même alimentation de 9 V. Un redresseur monoalternance et un régulateur dérivent cette tension du 24 V général (qui alimente en même temps une petite ampoule logée dans le bouton de porte), mais une pile miniature peut prendre le relais en cas de panne secteur. La diode 1N 4148 évite que la pile ne se décharge lorsque le 24 V est présent.

Le carillon à trois tons est commandé par le bouton situé à la porte de l'appartement. En parallèle avec ce bouton, on peut prévoir une ampoule REED, dont le contact sera maintenu ouvert par un aimant lorsque la porte est fermée. Lorsque ce circuit de "pré-alarme" sera enclenché, le carillon sonnera lors de toute ouverture de la porte.

Vraisemblablement insuffisant pour terroriser un cambrioleur, ce signal pourra servir à mettre en évidence les allées et venues indésirables (jeunes enfants par exemple), ou jouer un rôle de sécurité lorsque la porte n'est pas fermée à clef.

Pour pouvoir être commandé par le bouton du rez-de-chaussée, le carillon à deux tons exige un transistor procédant à la "complémentation logique" du signal : les circuits de la famille SAB 0600 ne se déclenchent en effet que sur réception d'un niveau positif par rapport à la masse.

La présence de cet étage intermédiaire évite d'ailleurs que d'éventuels parasites collectés par le long fil venant du rez-de-chaussée ne déclenchent intempestivement le carillon. Le niveau positif délivré par ce transistor ne sert pas qu'à commander le carillon : après une temporisation obtenue par la charge d'un gros condensateur (2200 ou 4700 μF, voire encore plus), il vient rendre conducteur un triac relié au fil de la gâche électrique.

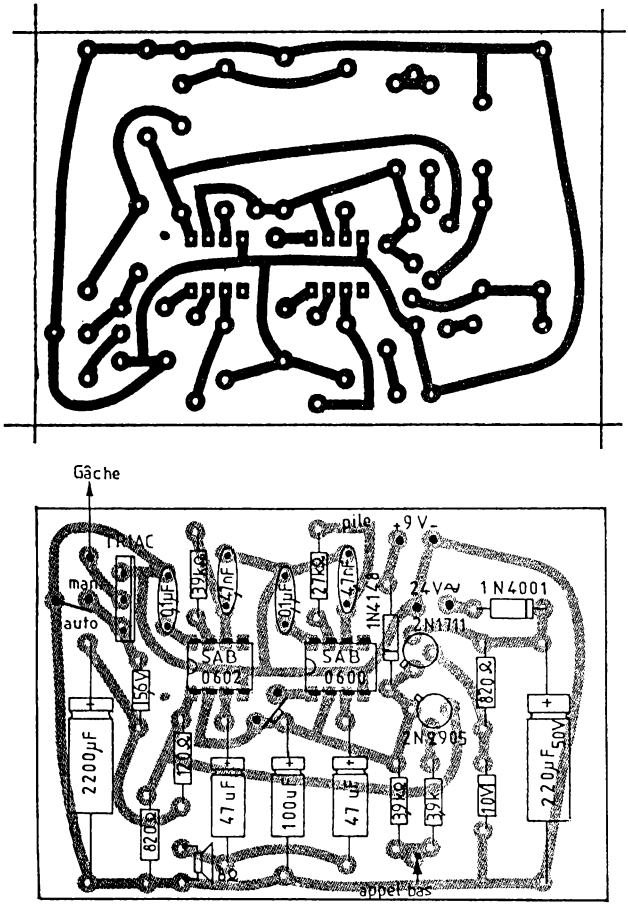


Fig. 3-13 et 3-14. — Réalisation pratique du carillon à télécommande.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
39 kΩ
27 kΩ
820 Ω
120 Ω
820 Ω
3,9 kΩ
3,9 kΩ

Condensateurs
0,1 µF
0,1 µF
4,7 nF
4,7 nF
2200 µF 16 V
100 µF 16 V
47 µF 16 V
47 µF 16 V
220 µF 50 V

Semiconducteurs
SAB 0600 SIEMENS
SAB 0602 ou 0600 SIEMENS
triac sensible
zener 5,6 V 0,5 W
zener 10 V 0,5 W
1N 4001
2N 2905
2N 1711
1N 4148

Divers
haut-parleur 4 à 16 Ω
pile 9 V avec clip
interrupteur unipolaire
bouton-poussoir de sonnerie

Sauf si la gâchette du triac est court-circuitée par l'inverseur "manuel-auto", le fonctionnement suivant est obtenu :

— un appui bref sur le bouton du rez-de-chaussée fait simplement sonner le carillon à deux tons.

— un appui long (plus d'une à deux secondes, suivant la valeur du condensateur) fait sonner ET alimente la gâche, ce qui permet d'entrer, même sans la clef ! Bien sûr, ce circuit devra être neutralisé la nuit ou en cas d'absence.

Il est souhaitable que la temporisation soit suffisamment longue, afin d'éviter que n'importe qui ne découvre le "truc" par hasard. Comme il est difficile de dépasser 4700 µF (tension de service 6 ou 10 V), on pense tout naturellement à augmenter la résistance d'alimentation.

La valeur de 120 Ω qui a été choisie permet tout juste l'amorçage d'un triac de qualité courante. Pour l'augmenter, il faut absolument employer un triac de type *sensible*, c'est-à-dire à faible courant de gâchette dans les quatre quadrants. Lorsque la résistance est trop forte pour les possibilités du triac, la gâche ne se troúve pas alimentée, ou bien alimentée par saccades. Dans ce dernier cas, cependant, la porte s'ouvre tout de même, mais il faut insister un peu.

Le circuit imprimé de la *figure 3-13* est prévu pour recevoir tous les composants du montage, à l'exception des inverseurs manuel/auto et marche/arrêt du circuit de pré-alarme. On le câblera conformément au plan de la *figure 3-14* avant de le monter dans un boîtier approprié. On pourra avantageusement utiliser une boîte LEGRAND pour prise de courant 32 ampères (cuisinière), qui existe en versions saillie et encastrée.

On découpera une plaque de plastique ou d'isorel pour faire un couvercle qui recevra le haut-parleur. Eventuellement, une grille ou un tissu décoratif pourront être ajoutés. Pour le raccordement, on aura intérêt à ramener tous les fils dans cette boîte, et à procéder là à toutes les interconnexions nécessaires. Rappelons que les circuits de sonnerie se câblent avec du fil rigide de 6 à 10 dixièmes, par exemple du fil téléphonique. Il n'y a généralement aucun danger à travailler sous tension, mais on s'efforcera d'éviter tout court-circuit de longue durée sur l'arrivée 24 V.

On accordera un soin particulier au choix du ou des haut-parleurs du carillon : le signal généré par les circuits intégrés permet d'obtenir une fort belle sonorité sur un haut-parleur convenable. Un HP miniature de 5 cm ne suffit généralement pas, car il donne un son aigrelet assez agaçant. Un meilleur choix serait un HP récupéré sur un récepteur ou un magnétophone de bonne qualité, ou l'une de ces petites boules pour autos-radios.

Généralement vendues par deux, ces "enceintes" n'auront pas à faire preuve de caractéristiques HIFI, mais pourront être placées en deux points différents de l'appartement. Leur couplage, série ou parallèle, dépendra de l'intensité sonore souhaitée.

Notons que ce montage, associé à un haut-parleur de 4 Ω au lieu de 8 et de bon rendement, est capable de délivrer un niveau plus que notable, pouvant même convenir à un mal-entendant.

Voici donc un montage qui, bien que plus petit que la plupart des carillons courants, offre un certain nombre de "plus" par rapport à une installation de sonnerie classique. N'exigeant cependant aucune intervention au niveau du câblage des parties communes de l'immeuble, il peut être installé sans crainte d'ennuis avec la copropriété. On veillera néanmoins à faire un usage discret du système de commande automatique de la gâche, dont la confidentialité fait partie intégrante du principe de fonctionnement !

CHAPITRE 4

TÉLÉCOMMANDES PAR ULTRASONS

Les systèmes de télécommande à ultrasons ont été les premiers à se substituer aux commandes par radio, lorsque le développement massif des télécommandes domestiques (notamment TV) a commencé à faire planer une menace sérieuse sur le "calme radioélectrique".

Même si les ultrasons sont aujourd'hui largement distancés par les infrarouges, du moins pour ce qui est des télécommandes TV, leur nature purement acoustique leur ouvre encore un vaste domaine d'applications.

NOTIONS D'ÉLECTRO-ACOUSTIQUE

Il est communément admis que l'étendue en fréquence des sons perceptibles par l'oreille humaine est approximativement de 20 à 20 000 Hz dans le meilleur des cas. Cette bande passante se réduit notablement avec l'âge, mais se révèle très supérieure pour certains animaux (chiens notamment). Il est donc difficile de fixer avec précision la frontière entre "le son" et les "ultrasons", définis comme "des sons trop aigus pour être audibles".

On peut généralement admettre qu'au-delà de 20 kHz, toute vibration de l'air relève du domaine des ultrasons. Il n'y a pas vraiment de limite supérieure, sinon en ce qui concerne les possibilités des équipements produisant ces ultrasons : des fréquences de plusieurs mégahertz ne sont pas rares dans les domaines industriels, scientifiques, ou médicaux.

Pour produire et détecter les ultrasons, on fait appel aux mêmes principes qu'en ce qui concerne les sons audibles : simplement, les solutions technologiques retenues sont adaptées à ce domaine particulier de fréquence.

Même si certains haut-parleurs d'aiguës (tweeters) sont très capables d'émettre des ultrasons, l'amateur n'emploie guère les procédés *électromagnétiques,* pourtant largement exploités par les professionnels (transducteurs à "magnétostriction"). Il est en effet plus simple et plus économique de se tourner vers les techniques "piézo-électriques".

Un matériau piézo-électrique est en général une céramique spéciale (un peu comme les ferrites) que l'on peut mouler en une large variété de formes, et métalliser en surface pour créer des zones conductrices. Ce type de matériau présente la particularité de produire une tension lorsqu'on le soumet à une contrainte mécanique et, inversement, de se déformer lorsqu'on lui applique une tension. On comprend donc que de fines rondelles de céramique piézo, capables de vibrer facilement, puissent servir aussi bien d'émetteurs que de récepteurs d'ultrasons, au même titre qu'un haut-parleur ou un micro en technique du son. De tels composants peuvent aisément être construits pour des fréquences très élevées, et ne coûtent pas cher.

A la frontière des ultrasons et du son, on trouve d'ailleurs les tweeters, écouteurs, et micros "piézo", connus pour leur aptitude particulière à reproduire les sons aigus.

Les "transducteurs US", à la différence des "transducteurs audio", sont cependant presque toujours étudiés pour fonctionner sur une fréquence bien précise, ou dans une étroite bande de fréquence : l'exploitation optimale du phénomène de *résonance* mécanique permet d'obtenir des *rendements* très élevés. C'est dire que l'essentiel de l'énergie électrique appliquée à un émetteur sera converti en énergie acoustique, et *vice versa.* Les systèmes ultrasoniques consommeront donc en général assez peu, tout en offrant de portées intéressantes.

Les fabricants de transducteurs peuvent adjoindre, au cristal piézo proprement dit, différents accessoires permettant de donner au produit fini des caractéristiques bien particulières, notamment en matière de *directivité* : on gagne ainsi en *portée,* puisque l'énergie émise se trouve concentrée en un véritable "faisceau" faiblement divergent, mais il faudra évidemment "viser" le récepteur avec l'émetteur...

L'amateur a donc tout intérêt à se procurer des transducteurs d'émission et de réception (quasi identiques) tout faits, plutôt que de "bricoler" avec des pastilles piézo "nues", d'ailleurs difficiles à se procurer au détail.

LES ULTRASONS DANS L'AIR

Dans l'air, les ultrasons se propagent exactement comme les sons audibles, et subissent les mêmes phénomènes. Simplement, les caractéristiques de directivité des transducteurs sont souvent plus marquées que celles des haut-parleurs et microphones utilisés en technique du son.

La *vitesse de propagation* des ultrasons est celle... du son, soit 300 mètres par seconde environ : c'est *très lent* par rapport à celle d'une onde radio, d'un rayon lumineux ou infrarouge, ou d'un courant dans un fil (300 000 kilomètres par seconde, soit un million de fois plus vite).

Pour des portées de quelques mètres, le retard d'exécution d'un ordre de télécommande n'est pas décelable, mais il faut compter avec *l'effet Döppler* si l'émetteur ou le récepteur est *mobile.* Chacun connaît ce phénomène physique célèbre, responsable notamment des variations de hauteur du son des sirènes des voitures de pompiers selon qu'elles s'approchent ou s'éloignent de l'observateur.

Il est nécessaire de tenir compte de cette anomalie de transmission lorsque le codage d'une télécommande à ultrasons repose sur la fréquence du signal émis (générateurs et détecteurs de tonalités) : la fréquence reçue risque d'être différente de la fréquence émise si l'émetteur et le récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.

Parallèlement à ce phénomène, on gardera présentes à l'esprit les règles habituelles de la propagation acoustique : pas plus que le son "audible", les ultrasons ne peuvent traverser une cloison ou une vitre, ou alors avec une telle atténuation que la portée tombe à quelques millimètres ! Cette restriction constitue cependant un avantage en ce qui concerne la sécurité et la discrétion d'un système de télécommande : les ordres émis ne quitteront pas la pièce où se situe l'émetteur, et il n'y a guère à craindre l'intrusion d'ordres d'origine extérieure.

LES ULTRASONS DANS L'EAU

Si les ondes radio et la lumière pénètrent très difficilement des épaisseurs appréciables d'eau, en revanche les ultrasons s'y propagent très bien. On utilise généralement une fréquence de l'ordre de 200 kHz (contre 40 dans l'air), permettant des portées de quelques centaines de mètres pour une puissance émise de quelques dizaines de watts crête.

La vitesse de propagation reste faible, même si elle dépasse nettement celle obtenue dans l'air : environ 1500 mètres par seconde mais susceptible de variations notables en fonction de la température, de la salinité, ou de la pression de l'eau. C'est surtout dans les *sondeurs* de profondeur que l'amateur utilise les transducteurs à ultrasons sous-marins, mais des applications de télécommande sont possibles, notamment pour les adeptes de la plongée.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES ULTRASONS

Nous venons de passer en revue les principales propriétés des ultrasons dans le domaine de la télécommande. Selon l'application envisagée, certaines peuvent constituer soit des avantages, soit des inconvénients. Lors de l'étude d'un projet de télécommande, on devra peser soigneusement le pour et le contre des différents procédés concurrents.

On pourra se tenir à l'écart de la solution "ultrasons" si le système d'émission doit fréquemment fonctionner en présence d'animaux domestiques, car ceux-ci risquent de réagir bruyamment à chaque transmission d'ordre !

D'une façon générale, un système de transmission utilisant un principe physique donné présente une forte immunité aux perturbations d'une autre nature. Les systèmes à ultrasons résistent fort bien aux influences radioélectriques, même violentes, et ne se laissent pas perturber par les éclairages les plus intenses, même pulsés (lampes fluorescentes ou à gaz).

En revanche, la proximité de sources de bruit est à éviter : tous les sons audibles contiennent des infrasons et des ultrasons : même si nous ne les percevons pas, ces derniers peuvent influencer défavorablement un système de télécommande "US" : un récepteur ne bénéficiant pas d'un codage performant risque de se déclencher intempestivement, tandis qu'un système au codage très sûr risque de ne pas reconnaître les ordres qui lui sont destinés si l'environnement est par trop bruyant.

UN ENSEMBLE ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR À ULTRASONS

Pour pouvoir utiliser commodément les transducteurs émetteurs et récepteurs d'ultrasons disponibles dans le commerce, il nous faut deux circuits spéciaux : l'un capable de délivrer à la demande un signal alternatif de 40 kHz avec une amplitude généreuse, et l'autre susceptible de fournir une information "tout ou rien" lorsqu'il reçoit cette même fréquence, mais sous un très faible niveau.

Nous pourrions bien sûr utiliser les générateurs et détecteurs de tonalité du *chapitre 2,* mais ces montages n'ont pas une rapidité de réaction suffisante pour permettre l'emploi des circuits de codage et de décodage, pourtant nécessaires lorsque la plus grande sécurité de transmission est souhaitable.

Nous avons donc étudié un *modulateur* et un *démodulateur* rapides, spécialement calculés pour la fréquence de 40 kHz, et donc parfaitement adaptés aux transducteurs du commerce (MURATA), lesquels pourront y être raccordés directement. Au-delà de cette application de base, nous réutiliserons largement ces deux modules dans les chapitres à venir : la fréquence de 40 kHz convient en effet fort bien à différents autres supports de transmission. Ces deux montages méritent donc quelques développements techniques, afin que nos lecteurs en comprennent parfaitement le fonctionnement profond.

Commençons donc par étudier le *modulateur* : le schéma de la *figure 4-1,* malgré sa simplicité, est assez universel : il délivre en effet deux signaux rectangulaires à 40 kHz *en opposition de phase,* ce qui permet de quadrupler la puissance en cas d'utilisation d'un transducteur à ultrasons.

La mise à la masse de l'entrée du montage inhibe immédiatement l'émission de la porteuse, qu'il est donc facile de moduler par "tout ou rien".

En pratique, on raccordera tout simplement l'entrée du modulateur à la sortie du codeur de la *figure 2-25* (chapitre 2). Pour le bon fonctionnement du système, il importera de régler exactement la fréquence générée sur 40 kHz : il faudra donc disposer d'un oscilloscope ou d'un fréquencemètre numérique. Le cas échéant, ce réglage pourra être légèrement retouché lors de la mise au point finale du système complet.

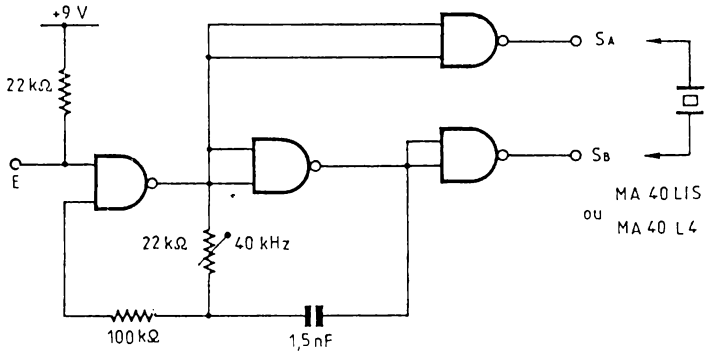
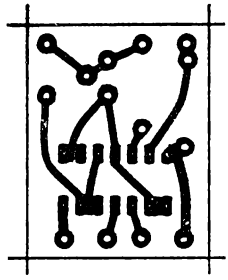


Fig. 4-1. — Un très simple générateur d'ultrasons (modulateur 40 kHz)



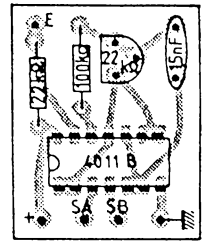


Fig. 4-2 et 4-3. — Réalisation pratique du modulateur 40kHz

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
22 kΩ
100 kΩ
pot. ajustable 22 kΩ

Condensateurs
1,5 nF

Semiconducteurs
CD 4011 B

Divers
module codeur

Le modulateur se câble sur un très petit circuit imprimé, dont la *figure 4-2* donne le tracé. Après câblage des composants selon la *figure 4-3,* on dispose d'un module qui, associé au codeur, ne tiendra que très peu de place dans un boîtier portatif muni d'une pile 9 V miniature.

On pourra connecter directement un émetteur d'ultrasons (MA 40 LIS par exemple) entre les sorties SA et SB, ou n'utiliser que l'une de ces sorties pour tout autre usage.

Intéressons-nous maintenant au *démodulateur.* Le schéma de la *figure 4-4* fait appel à un circuit intégré qui a été développé par SIEMENS dès les premiers pas des télécommandes à infrarouges, le TDA 4050.

Il s'agit en fait d'un composant dérivé des circuits intégrés équipant les récepteurs radio. Il en hérite un très grand gain, s'adaptant automatiquement aux variations de niveau d'entrée grâce à une *CAG,* et un fonctionnement en *amplificateur sélectif.* Des simplifications ont toutefois été introduites : c'est un réseau RC (double T) qui sert à accorder le montage (et non un bobinage), tandis que la sortie délivre directement des niveaux logiques.

Bref, si des impulsions d'amplitude très faible mais mal définie sont appliquées à l'entrée (broche 8), on les retrouve sur la broche 3 avec une amplitude de 9 V, pourvu que la fréquence du signal soit de l'ordre de 30 à 40 kHz environ. Des signaux de fréquence très différente (notamment 50 ou 100 Hz) ne seront pas pris en compte, même s'ils sont de fort niveau. En plus du schéma de base directement inspiré des préconisations du fabricant, notre montage est muni de composants supplémentaires chargés de *démoduler* les signaux à 40 kHz amplifiés par le TDA 4050.

Au repos, le condensateur C3 est maintenu déchargé par la diode D1, tant que la sortie du TDA 4050 reste à l'état bas. D'éventuels parasites de très courte durée ne changeront rien à cette situation, mais des créneaux positifs réguliers laisseront C3 se charger à travers R4.

Si le rapport cyclique des signaux est de l'ordre de 50 %, C3 n'a pas le temps de se décharger entre deux périodes, et le transistor T1 conduit de façon ininterrompue. On comprend donc que si le montage reçoit des impulsions à 40 kHz modulées en tout ou rien par un message digital, on retrouvera cette information intacte en sortie du démodulateur (collecteur de T1).

Cela bien compris, nous pouvons passer à la pratique ! Un premier essai peut être mené en équipant le démodulateur d'un transducteur ultrasonique (MA 40 LIR), et en lui adjoignant notre module *décodeur* de la *figure 2-27.*

Comme nous avions déjà équipé le modulateur d'un transducteur émetteur, il ne reste plus qu'à lui raccorder le module *codeur* pour obtenir un système complet de télécommande par ultrasons. Il est toutefois nécessaire de procéder à deux réglages :

— Ramener la fréquence d'horloge du codeur et du décodeur à environ 4,5 kHz (multiplier par dix la valeur du condensateur d'origine), car la transmission par ultrasons souffre d'une certaine "inertie".

— Régler le modulateur sur la fréquence de résonance exacte des transducteurs : pour ce faire, l'idéal est de contrôler à l'oscilloscope la forme des signaux délivrés par le démodulateur. Dès que l'on retrouve la forme présente en sortie du codeur, le réglage est bon (et d'ailleurs, le relais du décodeur doit coller).

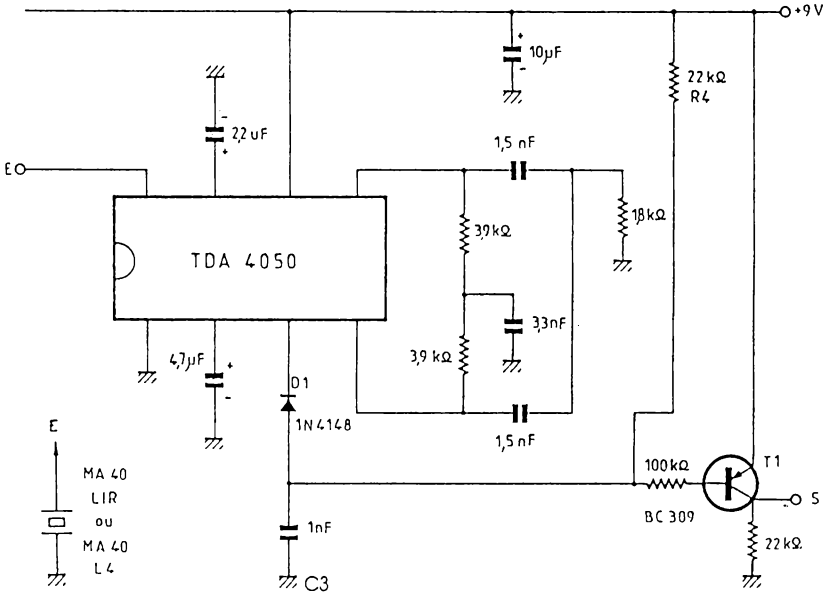
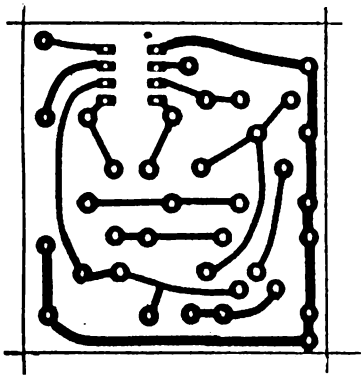


Fig. 4-4. — Un démodulateur 40kHz capable de servir de récepteur d'ultrasons grâce à son grand gain.

Selon la précision des réglages, la portée utile peut varier entre un mètre et trois ou quatre mètres. On ne perdra pas de vue le fait qu'il est nécessaire d'actionner l'émetteur pendant une à trois secondes sans interruption pour que le récepteur se déclenche.

Le circuit imprimé de la *figure 4-5* comporte une pastille supplémentaire, non repérée sur la *figure 4-6,* et donnant accès à la broche 3 du TDA 4050 : on dispose là des signaux reçus, prélevés *avant la démodulation.* Ce point-test pourra être précieux pour affiner les réglages, ou pour de futures applications.



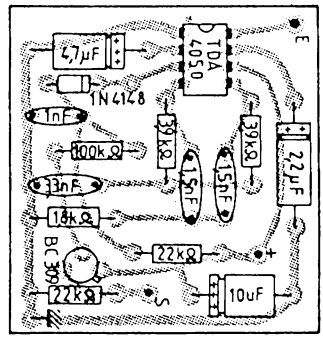


Fig. 4-5 et 4-6. — Réalisation pratique du démodulateur 40 kHz

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
1,8 kΩ
2 x 3,9 kΩ
2 x 22 kΩ
100 kΩ

Condensateurs
1 nF
2 x 1,5 nF
3,3 nF
2,2 µF
4,7 µF
10 µF

Semiconducteurs
BC 309
TDA 4050 SIEMENS
1N 4148

Divers
module décodeur

UNE TÉLÉCOMMANDE ACOUSTIQUE

Rigoureusement parlant, le montage de la *figure 4-7* n'appartient pas à la famille des télécommandes à ultrasons. Il peut en effet être déclenché tout simplement en claquant des mains : un premier ordre met sous tension le dispositif alimenté par le relais, et un deuxième claquement de mains l'arrête.

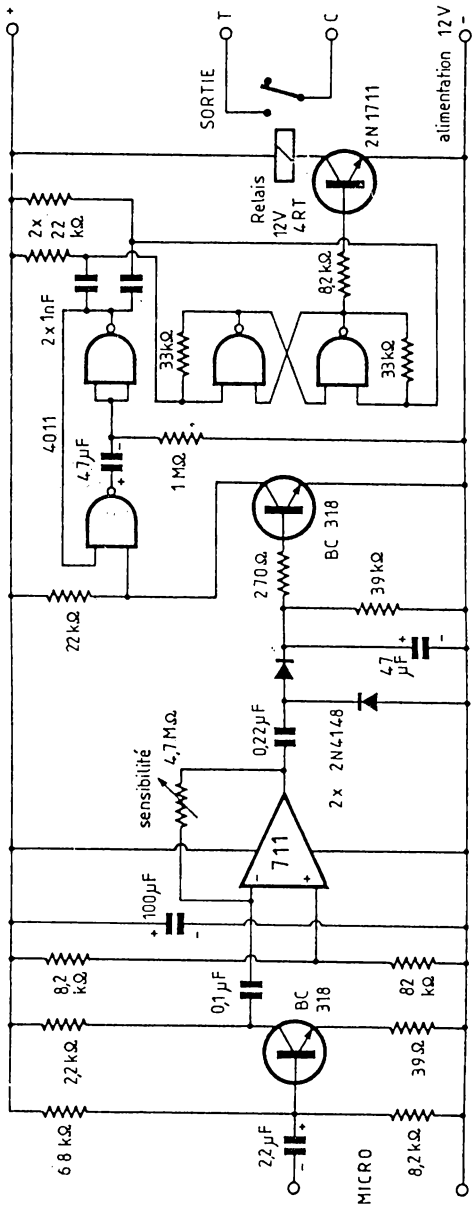
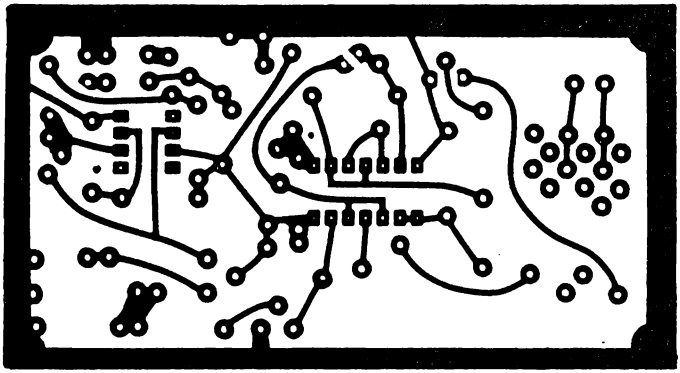


Fig. 4-7. — Une télécommande acoustique "clé en main"



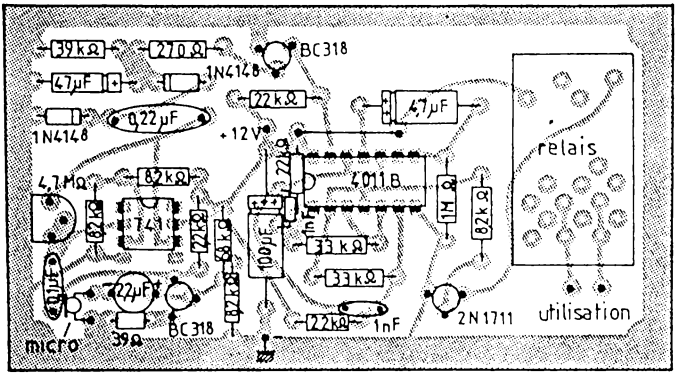


Fig. 4-8 et 4-9. — Réalisation pratique de la télécommande acoustique

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
39 kΩ
270 Ω
22 kΩ
22 kΩ
2,2 kΩ
68 kΩ
39 Ω
4 x 8,2 kΩ
22 kΩ
2 x 33 kΩ
1 MΩ
pot. ajustable 4,7 MΩ

Condensateurs
2 x 1 nF
0,1 µF
0,22 µF
2,2 µF
10 µF
4,7 µF
47 µF

Semiconducteurs
LM 741
CD 4011 B
2 x 1N 4148
2 x BC 318 ou similaire
2N 1711

Divers
relais européen 12 V 4 inverseurs
alimentation 12 V
micro dynamique basse impédance

En fait, on retrouve en tête du schéma le montage de la *figure 2-3* associé à un microphone ordinaire. Remplaçons cet étage amplificateur par un récepteur d'ultrasons quelconque, et nous obtiendrons une télécommande à ultrasons *bistable.*

Dans bien des cas, cependant, on pourra travailler dans le domaine audible, ce qui dispense de construire un boîtier émetteur. Il n'y a en effet pas besoin de codage à haute sécurité pour commander la lumière de la salle à manger ou la télévision ! Un système de sécurité est d'ailleurs prévu dans ce montage, évitant les hésitations de l'appareil commandé : toute réception d'ordres nouveaux est inhibée pendant les cinq secondes qui suivent l'exécution du précédent.

Cette partie "logique" du montage pourra bien sûr être réutilisée avec d'autres récepteurs de télécommande : sur la *figure 4-7,* il suffit d'éliminer tous les composants situés entre le micro et le second BC 318 inclus. Les ordres de télécommande reçus devront simplement mettre à la masse un instant l'entrée du 4011 ainsi libérée.

La réalisation de ce montage se fait sur un circuit imprimé dont le tracé est donné par la *figure 4-8.* Après câblage des composants selon la *figure 4-9,* il suffit de brancher un micro dynamique basse impédance et une alimentation de 12 V pour procéder aux essais : à cette occasion, on réglera le potentiomètre ajustable selon la sensibilité que l'on désire donner au montage.

CHAPITRE 5

TÉLÉCOMMANDES PAR INFRAROUGES

Depuis quelques années, les montages de télécommande par infrarouges se multiplient dans les revues d'électronique et dans les catalogues des fabricants de "kits".

Parallèlement, de plus en plus d'équipements "grand public" sont équipés de telles télécommandes : téléviseurs, magnétoscopes, appareils photo, projecteurs de diapositives, appareils électroménagers, serrures de voitures, systèmes d'alarme, etc. Il était donc normal que ce livre comportât un chapitre entier décrivant ces techniques, mais pas davantage : une analyse objective des besoins en matière de télécommandes montre que les systèmes à infrarouges ne conviennent réellement qu'à un choix limité d'applications.

On peut, certes, tenter d'élargir ce domaine d'applications par toutes sortes d'acrobaties techniques : cela peut être très motivant pour le "chercheur", mais ne se justifie pas lorsque d'autres techniques permettent d'obtenir un résultat équivalent de façon plus simple et plus économique. Ici encore, le lecteur trouvera dans cet ouvrage les éléments de choix lui permettant de prendre une décision adaptée à son cas particulier, avant de passer à la pratique.

NOTIONS D'ÉLECTRO-OPTIQUE

Il n'y a pas si longtemps, électronique et optique étaient des techniques totalement étrangères l'une à l'autre : seules les "cellules photo-électriques" permettaient à l'électronique de mettre à contribution les propriétés des rayons lumineux. Puis sont apparus les lasers, les diodes électroluminescentes, les photodiodes, et les fibres optiques.

L'électronicien moderne doit absolument posséder quelques rudiments d'optique pour tirer le parti le meilleur des composants opto-électroniques performants qui lui sont maintenant offerts à des prix très attractifs.

L'électro-optique, alias opto-électronique ou optronique, s'intéresse à la mise en pratique des composants électroniques capables d'émettre ou de recevoir des ondes lumineuses. L'électronicien doit s'habituer à travailler avec la "lumière au sens large", c'est-à-dire visible ou invisible.

Il est bien connu que la lumière "blanche", émise par le soleil ou par une ampoule électrique, contient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, plus les rayonnements invisibles que sont les ultraviolets et les infrarouges : tout comme l'oreille est incapable de détecter les sons trop graves (infrasons) ou trop aigus (ultrasons), l'œil a aussi une "bande passante" limitée. Les films photographiques sont capables de mettre en évidence des rayonnements "plus violets que le violet" (ultraviolets) et "plus rouges que le rouge" (infrarouges), invisibles mais obéissant aux mêmes règles physiques que la lumière blanche.

Pour des raisons purement technologiques, les composants opto-électroniques sont plus performants dans l'infrarouge que dans le visible. Par ailleurs, il est préférable, dans bien des cas, que les rayons utilisés en télécommande ou dans les antivols soient invisibles (discrétion oblige !). Tout cela n'est pas étranger au succès des composants "I.R." dans toutes sortes de réalisations !

COMPOSANTS ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS D'INFRAROUGES

Les "diodes laser" étant encore pratiquement réservées à un usage professionnel pour des questions de prix et de sécurité, l'amateur s'intéressera essentiellement aux *diodes électro-luminescentes* (LED) et aux *photodiodes.*

Pour des applications autres que la télécommande, on pourra aussi faire appel aux phototransistors et photorésistances. Les *diodes LED* sont bien connues des électroniciens, qui les utilisent fréquemment en tant que voyants rouges, verts, ou jaunes-orangés.

Ces composants sont basés sur un principe physique qui permet à des diodes réalisées dans un matériau spécial (l'arséniure de gallium), d'émettre de la lumière lorsqu'un courant suffisant les traverse, en sens "direct" bien sûr.

Pas de filament ni de gaz dans ces sources de lumière dites "à l'état solide" : c'est directement la matière qui rayonne, d'où des performances tout à fait exceptionnelles : lumière pratiquement *monochromatique* (couleur très "pure"), longévité extrême, et surtout possibilité de "clignotement" à très haute fréquence, plusieurs mégahertz si nécessaire (modulation).

Ajoutons que la source lumineuse proprement dite est très petite (presque ponctuelle), et que l'on sait réaliser des diodes capables d'émettre une forte puissance optique, du moins en crête. La couleur du rayonnement émis dépend uniquement de la formulation du matériau semiconducteur utilisé : une "recette" appropriée permet d'obtenir l'émission d'infrarouge pur, parfaitement invisible même à forte puissance, mais pouvant être dangereux pour les yeux. Cette puissance est à peu près proportionnelle au courant circulant dans la diode, en général quelques dizaines de milliampères en moyenne, et jusqu'à un ampère et plus en pointe pour certaines références.

Comme beaucoup de semiconducteurs, les diodes émettrices résistent mal aux surcharges, que ce soit en ce qui concerne la puissance dissipée ou la tension inverse (3 V maximum dans la plupart des cas : c'est peu...)

Les *photodiodes* sont des diodes au silicium montées dans des boîtiers perméables aux rayonnements lumineux : transparents, ils laissent passer la lumière visible et les infrarouges ; teintés en noir, ils éliminent le visible pour ne laisser passer que l'infrarouge.

L'éclairement de la surface active (jonction) d'une telle diode entraîne deux phénomènes : apparition d'une tension (faible) aux bornes de la diode (comportement du type photopile ou cellule solaire), et nette augmentation du courant inverse (un peu comme dans une diode zener). Des circuits électroniques appropriés permettent d'amplifier suffisamment ces effets pour les rendre exploitables pour toutes sortes d'applications.

La plupart des applications de ces composants sont basées sur la mise face à face d'une diode émettrice et d'une photodiode réceptrice : ainsi, on retrouve aux bornes de la seconde les signaux électriques appliqués à la première, très affaiblis il est vrai.

Selon la *puissance* émise et le *gain* de l'électronique de réception, on obtiendra une *portée utile* plus ou moins forte. Certes, des artifices purement optiques peuvent être employés, parallèlement aux ressources de l'électronique, pour accroître la portée : *concentration* du faisceau par des lentilles, ou *conduction* par fibre optique, tout comme en radio, où l'on emploie des antennes directives ou des câbles coaxiaux. C'est en bonne partie cette possibilité (parfois même cette nécessité) de combiner des techniques aussi différentes que l'électronique et l'optique, qui donne tant d'attrait, pour l'amateur, aux systèmes à infrarouges...

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES INFRAROUGES

Se comportant exactement comme la lumière visible, les rayons infrarouges bénéficient des mêmes possibilités mais souffrent aussi des mêmes limitations de propagation. Un faisceau d'infrarouges traversera évidemment sans grande atténuation la plupart des surfaces transparentes (vitres), mais sera arrêté par les obstacles opaques (cloisons), sauf à y ménager un trou qui peut fort bien être très petit.

Bien dirigé, un faisceau d'infrarouges peut se réfléchir sur un miroir. et donc contourner certains obstacles. Un faisceau pas trop étroit et suffisamment puissant est capable également de *diffuser* dans toute une pièce, si on le dirige sur un plafond ou un mur de couleur claire : il sera alors capté par tout récepteur non directif placé n'importe où dans la pièce.

La nature purement optique des rayons infrarouges rend les transmissions parfaitement insensibles aux perturbations électromagnétiques (parasites radio) ou acoustiques. En revanche, à longue distance, il faut compter avec les brumes ou fumées, qui peuvent introduire des pertes sévères, tout comme la pluie.

En utilisant habilement des lentilles et des réflecteurs appropriés, il est en effet possible de réaliser des liaisons *fixes* sur quelques centaines de mètres en vue directe, avec des moyens électroniques modestes. Les opérations de mise en alignement de l'émetteur et du récepteur sont bien sûr délicates,

mais on arrive à combiner les avantages du câble et ceux de la radio : aucun support "matériel" à poser, mais discrétion et sécurité excellentes : bref, un véritable "faisceau hertzien" à l'échelle de l'amateur.

UNE TÉLÉCOMMANDE INFRAROUGE TRÈS SIMPLE

Pour nos premières manipulations, nous allons nous limiter à une portée très modeste : 50 cm à 1,50 m environ, ce qui suffit déjà pour bon nombre d'applications du genre "serrures électroniques" (voitures, portes de garage ou d'immeuble, centrales d'alarme, etc.)

Nos deux premiers montages seront donc essentiellement des *amplificateurs* d'émission et de réception, permettant d'effectuer *l'adaptation* ou *interface* entre les composants opto-électroniques et les circuits purement électroniques : en gros, il suffira d'appliquer un signal rectangulaire de fréquence raisonnable et d'amplitude suffisante au module émetteur, pour le retrouver en sortie du module récepteur, si bien sûr les diodes émettrice et réceptrice sont placées face à face à moins de deux mètres.

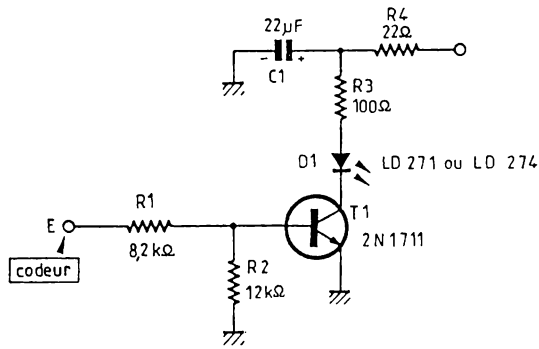


Fig. 5-1. — Un émetteur infrarouge "minimum".

Ces deux modules spécialisés "infrarouges" pourront donc être associés à toutes sortes de générateurs de tonalité et de détecteurs de tonalité ou de signal, pour réaliser des systèmes de télécommande très simples, mais parfaitement opérationnels. La meilleure solution consiste toutefois à leur adjoindre les modules *codeur* et *décodeur* des *figures 2-25 et 2-27* : on obtiendra ainsi de véritables "serrures" à haute sécurité, dignes de ce qu'utilisent les fabricants de voitures "haut de gamme". Soyons logiques, et commençons donc par l'émetteur. Le schéma de la *figure 5-1* peut être utilisé dans pratiquement tous les systèmes de télécommande par infrarouges, les caractéristiques voulues étant obtenues par le choix du type de diode émettrice et des valeurs des éléments RC.

Des émetteurs très directifs peuvent être réalisés en choisissant la LD 274 SIEMENS (demi-angle de rayonnement 10 degrés). La LD 271 constitue un bon compromis entre portée et confort de pointage, tandis que la LD 242, par exemple, possède un angle de rayonnement très large, mais au détriment bien sûr de la portée.

La plupart des diodes utilisables supportent au moins 100 mA en régime permanent, et beaucoup plus lorsqu'il ne s'agit que de courtes impulsions à faible rapport cyclique. Il est toutefois impératif que le *courant moyen* (mesurable avec un milliampèremètre très ordinaire) n'excède pas le courant permanent spécifié par le constructeur. Avec les valeurs de composants indiquées, notre montage limite à environ 60 mA le courant traversant la diode, même si le transistor conduit en permanence.

En régime "pulsé", le condensateur joue pleinement son rôle de "réservoir", et autorise des pointes de courant atteignant 70 mA. On pourrait faire beaucoup plus en diminuant R3, mais ce n'est pas souhaitable dans notre contexte de "faible portée". Eventuellement, deux diodes peuvent être couplées en série pour accroître la puissance émise, ou pour réduire la directivité si on les monte légèrement de biais.

Tel qu'il est décrit ici, ce circuit émetteur peut être directement piloté par la sortie CMOS du module codeur : avec une pile miniature de 9 V, il est donc facile de réaliser un boîtier émetteur très compact.

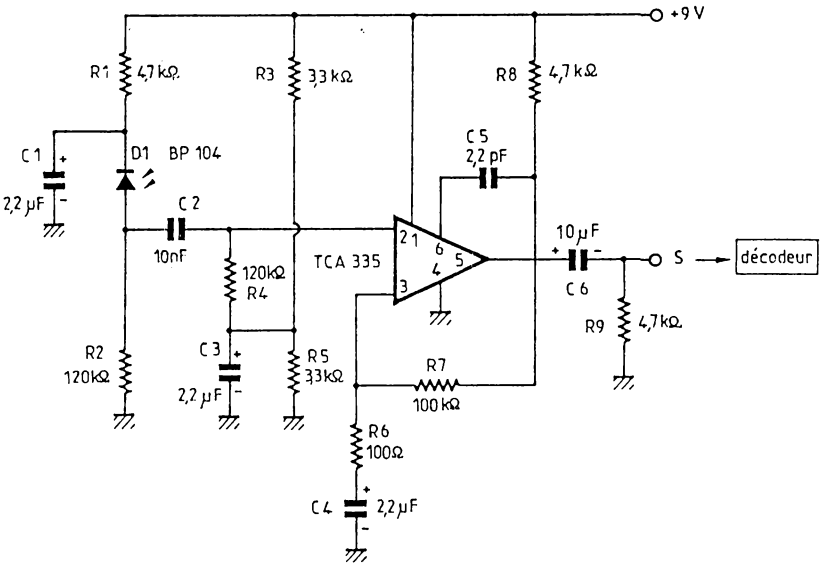


Fig. 5-2. — Un récepteur infrarouge relativement simple.

Intéressons-nous maintenant au récepteur : *figure 5-2.* Placée à une certaine distance en face de la diode émettrice, une photodiode "infrarouge" telle que la BP 104 est capable de débiter un très faible courant inverse à

chaque fois qu'elle reçoit une impulsion. Aux bornes de R2, on recueille donc un signal identique à celui généré par le codeur, mais son amplitude est extrêmement faible.

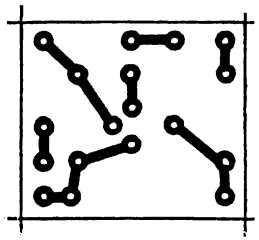
L'amplificateur opérationnel TCA 335 du récepteur est monté de façon à concilier plusieurs exigences souvent contradictoires :
— grand gain (1000),
— forte impédance d'entrée (pour ne pas "écrouler" le signal),
— réponse en fréquence étendue.

Le seul schéma répondant à ces impératifs est le montage "non inverseur", un peu lourd à réaliser avec une seule source d'alimentation, mais convenant exactement à cette application. Bien que fort, le gain de ce préamplificateur ne suffit pas pour l'attaque directe d'un circuit logique : c'est maintenant que nous allons apprécier les étages d'amplification inclus dans le module "décodeur".

En reliant la sortie du module "récepteur" à l'entrée EA du décodeur, on obtient une portée conforme à nos objectifs de départ, pouvant atteindre environ deux mètres avec une diode émettrice très directive.

Nous aborderons bientôt des montages un peu plus complexes, permettant d'entrer dans le domaine des "longues portées".

En attendant, passons à la construction de ces deux modules. Le module "émetteur" se câble sur un très petit circuit imprimé dont le tracé est donné par la *figure 5-3.* Après câblage d'après la *figure 5-4,* on obtient un montage



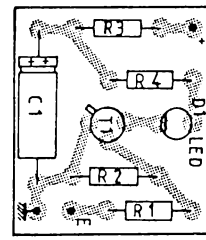


Fig. 5-3 et 5-4. — Réalisation pratique de l'émetteur infrarouge

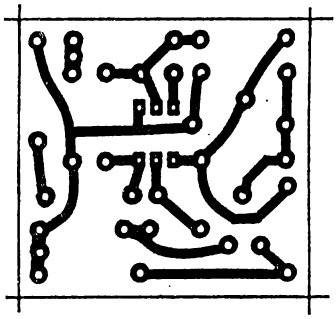
NOMENCLATURE DE L'EMETTEUR

Résistances 10 % 1/2 W
R1 8,2 kΩ
R2 12 kΩ
R3 100 Ω
R4 22 Ω

Condensateurs
C1 22 µF 16 V chimique

Transistors
T1 2N 1711

Diodes
LED infrarouge
(LD 271 ou LD 274, voir texte)



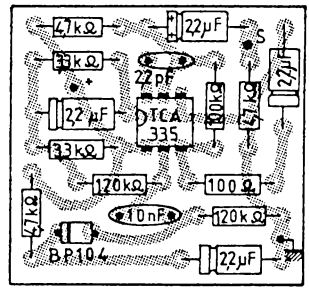


Fig. 5-5 et 5-6. — Réalisation pratique du récepteur infrarouge.

NOMENCLATURE DU RECEPTEUR

Résistances 5 % 1/4 W
R1 4,7 kΩ
R2 120 kΩ
R3 3,3 kΩ
R4 120 kΩ
R5 3,3 kΩ
R6 100Ω
R7 100 kΩ
R8 4,7 kΩ
R9 4,7 kΩ

Condensateurs
(chimiques 16 V ou MKH)
C1 2,2 nF
C2 10 nF
C3 2,2 µF
C4 2,2 µF
C5 2,2 pF
C6 10 µF

Diodes
D1 BP 104 SIEMENS
ou équivalent (photodiode IR)

Circuits intégrés
CI1 TCA 335 SIEMENS

de très petite taille, que l'on pourra facilement associer au module codeur. Bien qu'un emplacement soit prévu pour la LED émettrice sur la carte imprimée, on pourra trouver avantageux de l'installer à quelque distance, notamment à l'avant d'un éventuel boîtier destiné à être tenu à la main.

Le circuit imprimé du module "récepteur" est représenté sur la *figure 5-5.* Son câblage, selon la *figure 5-6,* ne pose pas de problème particulier. On aura cette fois intérêt à câbler la diode réceptrice directement sur la carte, la forte impédance d'entrée de l'amplificateur rendant peu souhaitables des fils de raccordement.

Rappelons que la cathode de la BP 104 est identifiée par un petit point bleu sur la patte correspondante (on peut vérifier à l'ohmmètre), et que le boîtier noir de cette diode est en fait un filtre réduisant l'influence des lumières parasites. En environnement sombre, il est possible d'utiliser à la place une BPW 34, qui ne comporte pas ce filtre.

L'ensemble récepteur-décodeur constitue un dispositif de dimensions très raisonnables, qu'il est facile de loger à peu près n'importe où. Le seul impératif est qu'un trou de 5 à 6 mm de diamètre (éventuellement muni d'un couvercle transparent) soit prévu devant la diode réceptrice.

Pour des usages très particuliers à poste fixe (barrières invisibles par exemple), on peut songer à équiper émetteur et récepteur de lentilles optiques : la portée peut alors atteindre une dizaine de mètres ou davantage, mais l'alignement devient délicat.

AUGMENTONS LA PORTÉE !

Ces deux modules permettent de réaliser le plus simple des systèmes de télécommande codée sans fil qu'il soit possible de concevoir. La portée relativement modeste ainsi obtenue se révèle toutefois suffisante pour bon nombre d'applications pratiques en milieu domestique.

Pour "passer la vitesse supérieure", nous n'allons plus pouvoir nous contenter de transmettre directement les impulsions issues du codeur : à longue distance, les risques de parasitage sont trop grands, tandis que les très fortes amplifications nécessaires finiraient par déformer de façon inadmissible les messages codés. Nous allons donc devoir faire appel à des techniques relevant plus de la radio que de la basse fréquence : modulation d'une porteuse, amplification sélective, contrôle automatique de gain, et démodulation.

S'agissant de télécommandes utilisant un boîtier émetteur tenu à la main, il est de toute façon délicat de chercher à dépasser une dizaine de mètres de portée : ne perdons pas de vue, en effet, que l'émission des diodes à infrarouges est *directive,* et qu'au-delà d'une certaine distance, le pointage de l'émetteur devient délicat.

Faire appel à des diodes à faible directivité est une arme à double tranchant : si l'on augmente le confort de pointage, on "dilue" aussi la puissance émise, ce qui réduit la portée. Rien n'empêche évidemment de multiplier les diodes d'émission et leurs circuits d'alimentation ; c'est ce qui se fait en matière de casques sans fil : on illumine uniformément le plafond du local avec de multiples diodes de forte puissance, si bien qu'un récepteur placé n'importe où dans la pièce reçoit toujours suffisamment de puissance.

Inversement, si l'on augmente fortement la directivité de l'émetteur et du récepteur par des moyens optiques (lentilles), la portée entre points fixes peut atteindre 200 m et plus, au prix d'un travail d'alignement non négligeable.

Quelle que soit l'option choisie sur le plan de la directivité, la portée dépend évidemment aussi de facteurs électroniques : puissance de l'émetteur, bien sûr, mais aussi sensibilité du récepteur. Comme c'est surtout la puissance de crête émise qui conditionne la portée, on aura intérêt à profiter des aptitudes de certaines diodes à "encaisser" de brèves mais fréquentes pointes de courant. Côté réception, on ne pourra faire appel à des amplificateurs à très grand gain qu'à la condition de les rendre sélectifs.

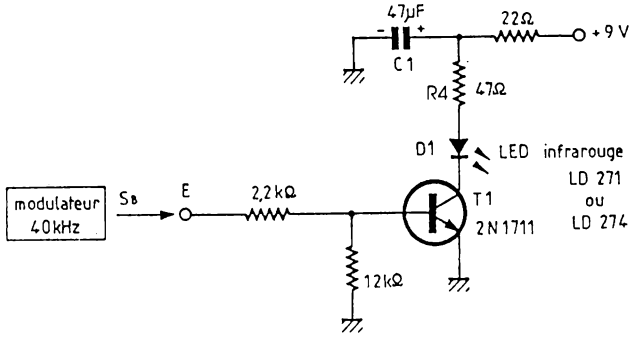


Fig. 5-7. — Variante plus puissante de l'émetteur infrarouge.

Si nous intercalons notre module de la *figure 4-1* entre le codeur et le circuit d'émission à infrarouges, la durée pendant laquelle la diode d'émission se trouve alimentée diminue de moitié : on peut donc sans inconvénient doubler le courant de crête.

On aboutit ainsi au circuit de la *figure 5-7,* qui attaque la diode avec des impulsions d'environ 150 mA, valeur fort prudente. En diminuant encore R4, quitte à augmenter C1, nos lecteurs pourront passer à un courant encore plus intense, mais seulement lorsque le montage sera *parfaitement au point,* car D1 ne résisterait pas longtemps à une alimentation permanente sous plus de 100 mA.

Le circuit imprimé de la *figure 5-3* doit déjà être en possession de ceux de nos lecteurs qui ont réalisé notre télécommande infrarouge à courte portée. Ils n'auront donc plus qu'à aménager l'implantation de la *figure 5-4* en respectant ces nouvelles valeurs de composants.

Côté réception, nous allons mettre à contribution notre *démodulateur 40 kHz* et le module "décodeur". Il nous reste cependant à construire un "récepteur infrarouge", dont le rôle essentiel sera d'adapter l'impédance de la photo diode à celle du TDA 4050.

N'oublions pas, en effet, que la diode fonctionne en inverse, c'est-à-dire à courant très réduit : le signal utile est disponible aux bornes d'une résistance de forte valeur (R6), tandis que l'impédance d'entrée du démodulateur est d'environ 2 000 Ω. Un simple transistor à effet de champ (2N 3819) suffit à réaliser l'adaptation nécessaire sans introduire de gain, car c'est le démodulateur qui se charge en totalité de l'amplification. Placée sous le contrôle d'une énergique CAG, cette amplification s'adapte automatiquement au niveau des signaux reçus, ce qui leur évite toute distortion nuisible au décodage.

Hautement sélectif, l'amplificateur élimine les signaux de fréquences autres que 40 kHz, notamment les composantes à 50 ou 100 Hz provenant des éclairages secteur.

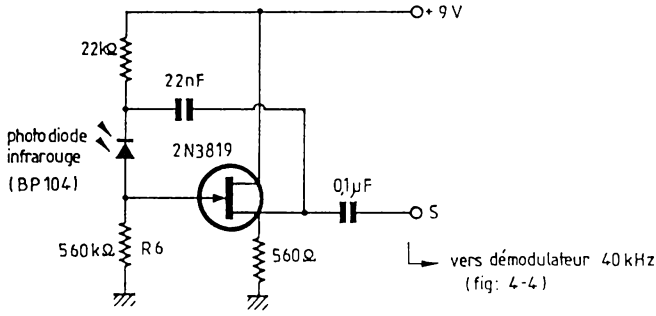


Fig. 5-8. — Un "transducteur infrarouge"

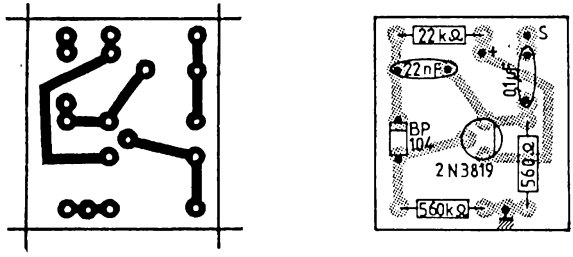


Fig. 5-9. — Réalisation pratique du récepteur infrarouge

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
560 Ω
22 kΩ
560 kΩ

Condensateurs
22 nF
0,1 µF

Semiconducteurs
2N 3819
BP 104 SIEMENS

Divers
module décodeur
alimentation 9 V

Avec ces six modules (codeur, modulateur 40 kHz, émetteur IR, récepteur IR, démodulateur 40 kHz, et décodeur), il est donc possible de réaliser une télécommande par infrarouges aux performances honorables. Le choix de la diode d'émission parmi les divers types disponibles (LD 271 et LD 274 notamment) permet de favoriser soit le confort de pointage, soit la portée selon l'application prévue. Pour aller encore plus loin, il faudra cependant faire appel aux ressources de l'optique.

Mais réalisons d'abord la partie électronique ! Notre nouveau module, dont le schéma apparaît à la *figure 5-8,* est un simple "capteur" ou "transducteur" : il fournit des impulsions électriques de très faible amplitude correspondant aux impulsions infrarouges reçues. Son rôle est exactement semblable à celui du transducteur à ultrasons précédemment utilisé. Simplement, il s'agit d'un transducteur "actif", nécessitant une alimentation, tandis que les capteurs piézo-électriques sont "passifs" car autonomes.

Le circuit imprimé de la *figure 5-9* rassemble tous les composants de ce petit préamplificateur, ainsi que la diode elle-même (BP 104 SIEMENS). Si les conditions d'emploi le justifient, cette diode pourra être un peu éloignée de la carte, mais on maintiendra le câblage aussi court que possible (haute impédance !). Il est important de veiller à la polarité de cette diode : ne pas hésiter à contrôler à l'ohmmètre avant de la souder.

ET POUR QUELQUES LENTILLES DE PLUS

Bien qu'invisibles, les rayons infrarouges obéissent aux lois de l'optique tout comme la lumière. Avec le développement croissant de *l'opto-électronique,* l'électronicien doit s'habituer à utiliser des composants nouveaux pour lui : miroirs, prismes, fibres optiques, et surtout *lentilles.* C'est la *lentille convergente* ou *loupe* qui présente le plus d'intérêt pour les transmissions par infrarouges.

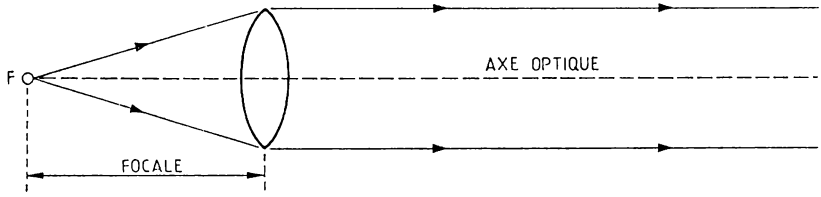


Fig. 5-10. — Comment rendre parallèle un faisceau infrarouge à l'aide d'une lentille convergente (loupe).

La *figure 5-10* montre qu'une lentille convergente peut, *si elle est parfaitement positionnée,* rendre parallèle un faisceau divergent de rayons. Restant plus concentré, le rayonnement perdra beaucoup moins de son efficacité avec la distance, mais il sera en revanche bien plus délicat à diriger sur le récepteur. Cet effet ne peut être obtenu que si la source infrarouge est placée exactement au *foyer* F de la lentille. Le foyer est un point situé sur l'axe optique de la lentille, et à une distance appelée *focale.* Si ce réglage optique, analogue à l'accord d'un circuit résonant, est imparfait, alors le faisceau ne sera pas parallèle : il ne se propagera pas aussi loin !

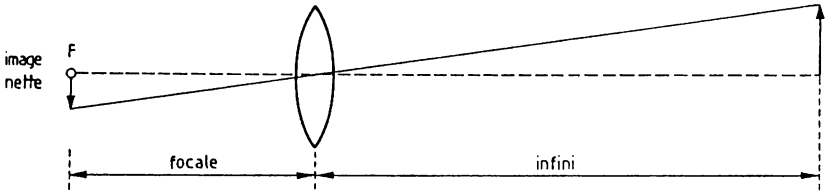


Fig. 5-11. — Comment déterminer la focale d'une loupe

La *figure 5-11* montre comment déterminer la focale d'une lentille inconnue : il suffit de former sur une surface claire l'image (renversée) d'un objet lointain (situé "à l'infini"). Lorsque l'image est nette, la lentille est placée à une distance de cet "écran" égale à sa focale.

Cette détermination n'est pas extrêmement précise et, d'ailleurs, la focale de la lentille n'est pas exactement la même en lumière visible et en infrarouge : un réglage fin sera à prévoir lors de la mise au point du système.

Si l'on connaît la "vergence" ou "force" de la lentille (en dioptries), il est facile d'en déduire la focale par la formule

$$f \text{ (en mètres)} = \frac{1}{d \text{ (en dioptries)}}$$

Ainsi, une lentille de 10 dioptries a une focale de 10 cm contre 5 cm pour une 20 dioptries. En résumé, plus une lentille est forte, et plus sa focale est courte.

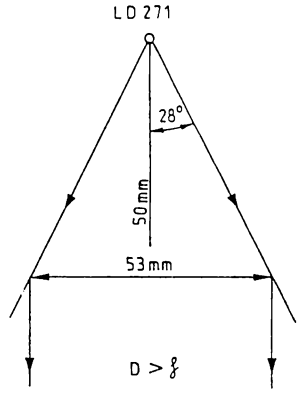


Fig. 5-12. — Adaptation d'une lentille à une LD 271.

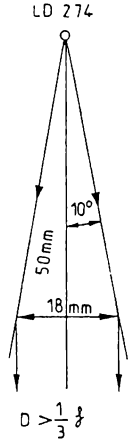


Fig. 5-13. — Adaptation d'une lentille à une LD 274

Cette notion est importante pour la bonne *adaptation* d'une lentille à une diode émettrice (analogue à une adaptation d'impédance pour une antenne) :

La *figure 5-12* montre en effet que pour une diode LD 271 dont le demi-angle de rayonnement vaut 28°, on perdra de la puissance si le diamètre de la lentille n'est pas au moins égal à sa focale. Or, de telles lentilles à la fois fortes et grandes ne sont pas toujours faciles à se procurer à un prix raisonnable.

La *figure 5-13* envisage le cas de la LD 274, dont le demi-angle n'est que de 10° : il suffit alors que le diamètre de la lentille soit au moins égal au tiers de sa focale, ce qui est beaucoup plus courant (loupes de toutes sortes).

Le phénomène exploité ici est réversible : tous les rayons qui arrivent sur la lentille parallèlement à son axe optique vont converger au foyer (principe de la loupe allume-feu). Si nous plaçons une diode réceptrice au foyer de la lentille, le gain d'efficacité sera de l'ordre du rapport de la surface de la lentille à celle de la diode : considérable ! En équipant à la fois l'émetteur et le récepteur de lentilles, on augmente énormément la portée de la télécommande : l'auteur a obtenu des résultats convenables jusqu'à 200 mètres !

Bien évidemment, il ne saurait être question de tenir l'émetteur à la main, car la directivité est extrême, mais des applications peuvent être trouvées dans le domaine des commandes fixes et des barrières invisibles. En extérieur, on veillera à ce que le soleil ne puisse jamais se placer face à une lentille : il y a risque de destruction de la diode placée au foyer !

N'hésitez pas, amis lecteurs, à expérimenter longuement autour de ce montage : vous vous familiariserez ainsi progressivement avec les applications électroniques de l'optique.

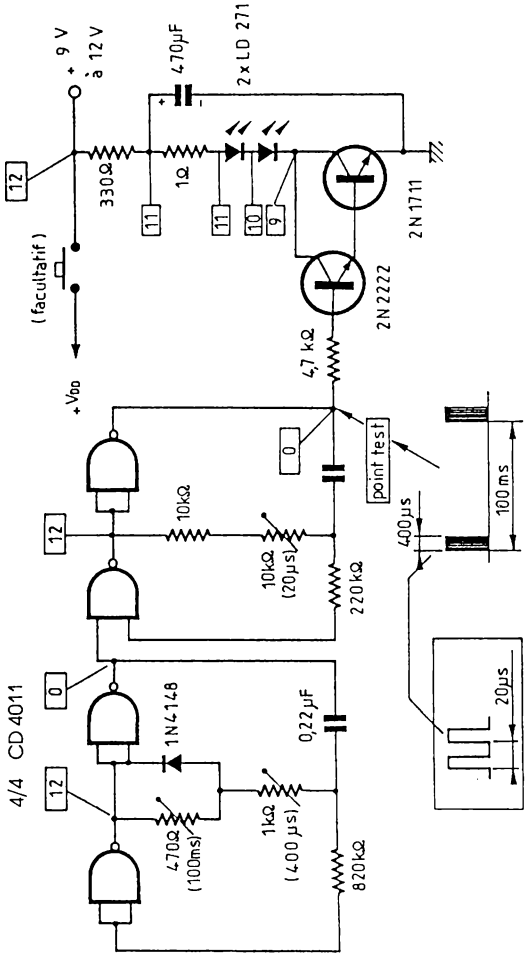


Fig. 5-14. — Un émetteur infrarouge complet.

UNE TÉLÉCOMMANDE INFRAROUGE "CLÉ EN MAIN"

Jusqu'à présent, nous avons fait connaissance avec les infrarouges en construisant des systèmes de télécommande réunissant plusieurs modules, ce qui laisse au lecteur une certaine part d'initiative. Nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant de proposer, à nos lecteurs les moins entraînés, une télécommande simplifiée composée de deux circuits imprimés seulement : l'émetteur et le récepteur. Pas de codage complexe dans ce montage, qui n'offrira donc pas une inviolabilité totale, mais tout de même une sécurité satisfaisante pour un prix de revient très réduit.

L'ensemble que nous allons décrire se compose de deux boîtiers étanches identiques : l'émetteur et le récepteur. L'émetteur, équipé de deux LED, délivre des impulsions de très forte puissance crête, mais très diluées dans le temps. En conséquence, la portée peut être importante malgré une consommation moyenne très faible. La directivité est moyenne (± 28° à - 3 dB) ce qui simplifie les problèmes d'orientation sans compromettre la portée, qui peut d'ailleurs être considérablement augmentée par adjonction d'une lentille. Le récepteur, dont la directivité est voisine de celle de l'émetteur, contient des circuits de traitement du signal reçu et un étage de commande attaquant un relais.

Ce relais colle dès lors qu'un faisceau infrarouge suffisamment significatif est reçu. Simultanément, une LED verte (donc sans influence sur le récepteur) est éclairée à des fins de contrôle. Elle peut être supprimée lorsque la discrétion est de rigueur (systèmes de protection antivol).

Si le récepteur est alimenté en permanence, il peut ne se voir commandé que lorsque l'émetteur est dirigé vers lui et mis sous tension. Une liaison de télécommande simple est ainsi obtenue, pouvant commander une installation fixe à partir d'un point relativement mobile, en intérieur comme en extérieur. Les applications courantes sont la commande d'appareils audiovisuels, d'éclairages, de rideaux, voire de portes de garage, l'émetteur pouvant être fixé à l'avant d'une voiture et alimenté par la batterie 12 V.

La *figure 5-14* montre que le schéma de l'émetteur est bâti autour de deux multivibrateurs à portes NAND CMOS. Le premier vient autoriser le fonctionnement du second pendant 400 μs toutes les 100 ms, par souci d'économie d'alimentation. Le second fixe à 50 kHz la fréquence des impulsions de valeur crête 1,5 A appliquées aux diodes d'émission par un étage darlington. C'est le condensateur de 470 μF qui fournit les pointes de courant nécessaires. La résistance de 330 Ω limite le courant en cas de court-circuit du transistor final, afin d'éviter tout dommage pour les LED. Le bouton de transmission des ordres (en configuration télécommande) ne coupe que l'alimentation des multivibrateurs, garantissant ainsi une charge toujours maximale du condensateur de 470 μF.

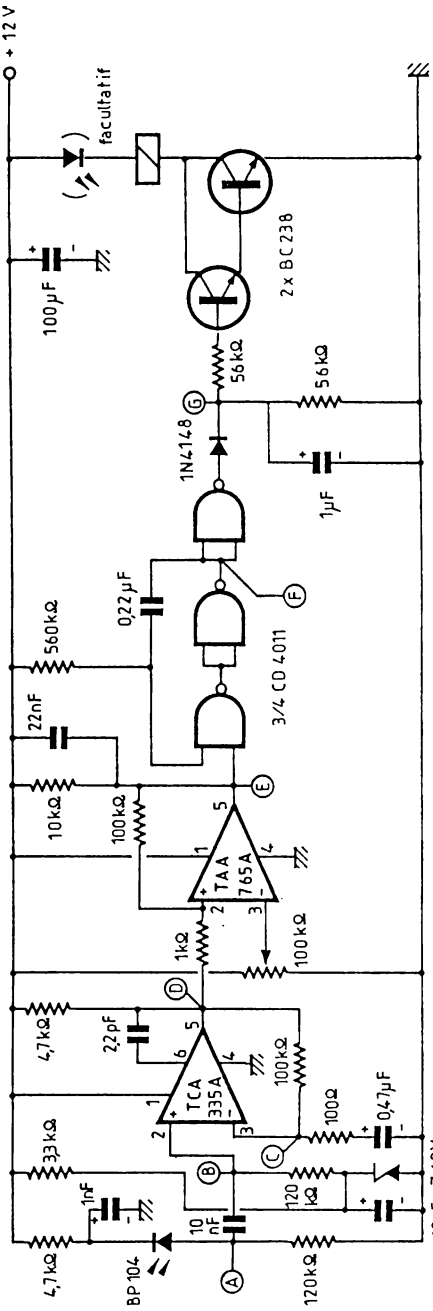


Fig. 5-15. — Un récepteur infrarouge complet.

La *figure 5-15* donne le schéma du récepteur : la photodiode PiN de réception est du type BP 104 avec filtre infrarouge incorporé. Pour un fonctionnement dans l'obscurité (détecteur de présence notamment), on peut obtenir un gain de sensibilité en utilisant une BPW34, dépourvue de filtre. Cette diode est alimentée en tension filtrée et fournit, à travers un condensateur de 10 nF, un signal brut à l'ampli opérationnel TCA 335 A. Il s'agit d'un ampli qui, bien que réalisé en technologie entièrement bipolaire, présente une forte impédance d'entrée grâce à des étages darlington. Cette impédance est respectée, malgré le gain de 60 dB réalisé, grâce à un montage non inverseur.

Toujours dans le cas d'un fonctionnement dans l'obscurité, on peut augmenter la sensibilité en remplaçant R = 100 kΩ par une 1 MΩ, voire plus. L'ampli n'est que peu compensé par le 2,2 pF monté entre ses broches 5 et 6 (valeur normale 22 pF) ce qui permet d'obtenir un gain plus que confortable, même à cette fréquence de 50 kHz. Le signal amplifié (mais pas forcément écrêté) est superposé à une tension continue de 6,2 V représentant la polarisation de l'entrée +. Cela permet d'introduire facilement un seuil de prise en compte des signaux au niveau du comparateur à hystérésis utilisant l'ampli opérationnel TAA 765A. Le potentiomètre ajustable de 100 kΩ permet de choisir ce seuil, donc la sensibilité voulue, ainsi que d'optimiser l'immunité aux lumières pulsées parasites (tubes fluorescents notamment).

La sortie "collecteur ouvert" de cet ampli attaque un réseau RC de filtrage, puis l'entrée d'un monostable CMOS. Le réseau RC fournit des créneaux de durée 400 µs correspondant aux trains d'ondes reçus, mais débarrassés de l'ondulation due à la porteuse de 50 kHz. Ces créneaux déclenchent donc le monostable, dont la constante de temps est d'environ 100 ms. Une valeur insuffisante de la capacité de temporisation (0,22 µF) ferait battre le relais au rythme des trains d'onde reçus puisque ce monostable sert à intégrer ces trains d'onde. De ce fait, malgré la forte dilution dans le temps des informations émises, on dispose en sortie du récepteur d'un ordre continu, tant que l'émetteur est activé.

Les deux montages sont prévus pour être logés dans des boîtiers étanches SAREL à couvercle transparent (boîtiers pour coupe-circuits disponibles chez les électriciens). L'installation pourra donc se faire de la façon la plus simple possible, d'autant que les circuits imprimés sont prévus pour recevoir des borniers à vis au pas de 5,08 évitant toute soudure lors de la pose.

Le circuit imprimé de la *figure 5-16* est celui de l'émetteur. Les angles ayant été abattus selon le tracé indiqué, deux trous de diamètre 4 mm restent à percer pour la fixation dans le boîtier sur deux entretoises isolantes. Le câblage d'après la *figure 5-17* est particulièrement simple. On respectera l'orientation des méplats des deux LED.

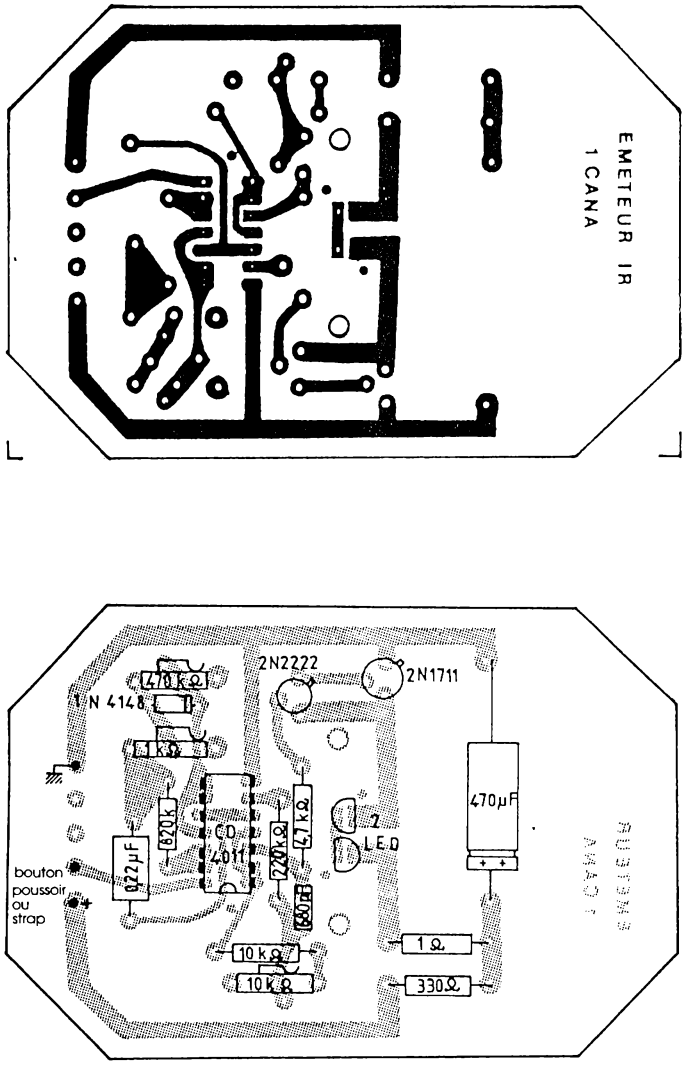


Fig. 5-16 et 5-17. — Réalisation pratique de l'émetteur infrarouge.

NOMENCLATURE DE L'ÉMETTEUR

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
1 Ω
330 Ω
4,7 kΩ
10 kΩ
220 kΩ
820 kΩ
pot. ajustable 1 kΩ
pot. ajustable 10 kΩ
pot. ajustable 470 kΩ

Divers
pile 9 V
bouton-poussoir à contact travail

Condensateurs
680 pF
0,22 µF
470 µF 10 V

Semiconducteurs
CD 4011 B
1N 4148
2N 2222
2N 1711
2 x LD 271 ou similaire

Les deux sorties prévues pour l'interrupteur à poussoir seront strappées ensemble au + 12 V dans le cas d'un fonctionnement permanent. Le réglage se fera au moyen d'un oscilloscope relié au point test, en ajustant successivement les trois durées indiquées en *figure 5-14*. A défaut, on réglera le 470 kΩ de façon à obtenir la consommation de 7 mA sous 12 V, puis les deux autres une fois le récepteur terminé, afin d'éviter tout battement du relais. Cela fait, on retouchera le réglage des 7 mA (environ). Le circuit imprimé du récepteur est représenté *figure 5-18*. Lors de son câblage d'après la *figure 5-19*, on veillera à l'orientation correcte des trois circuits intégrés et de la photodiode, dont la cathode est repérée par un point bleu sur la broche correspondante. Le montage de ce circuit dans le boîtier se fait comme pour l'émetteur.

Le réglage du récepteur se limite à celui de la sensibilité : on manœuvrera l'ajustable de 100 kΩ jusqu'à extinction de la LED (décollage du relais).

Correctement réalisés et réglés, ces montages sont susceptibles de rendre d'appréciables services dans de nombreux domaines. Tels qu'ils sont décrits, ils présentent une sensibilité intéressante mais non optimale afin d'éviter tout parasitage par les éclairages fluorescents. Le gain peut être augmenté de façon importante au niveau de l'amplificateur et de la photodiode si le fonctionnement correct n'est exigé que dans la pénombre. On peut ainsi augmenter notablement la portée des détecteurs de présence par réflexion. Pour les barrières fixes, il est plus intéressant de prévoir des optiques qui, même rudimentaires, peuvent introduire une amélioration considérable. Nos lecteurs pourront avantageusement se reporter à nos indications relatives aux systèmes optiques destinés aux transmissions à grande distance par infrarouges.

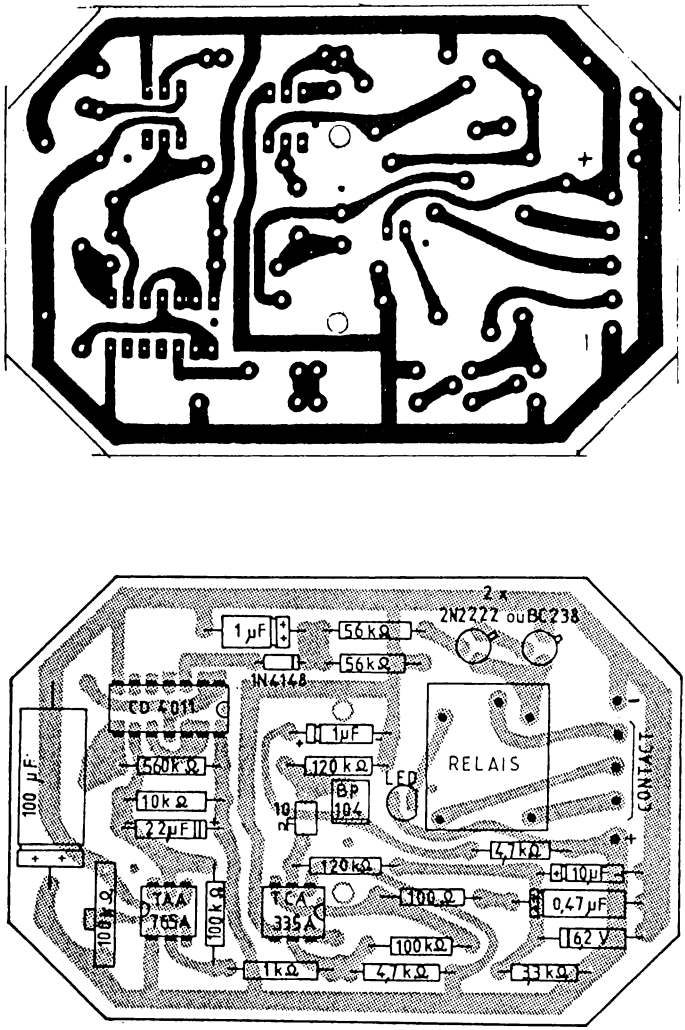


Fig. 5-18 et 5-19. — Réalisation pratique du récepteur infrarouge

NOMENCLATURE DU RÉCEPTEUR

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
100 Ω
1 kΩ
3,3 kΩ
2 x 4,7 kΩ
10 kΩ
2 x 56 kΩ
2 x 100 kΩ
2 x 120 kΩ
560 kΩ
pot. ajustable 100 kΩ

Divers
relais 9 V 1 inverseur
alimentation 12 V

Condensateurs
2,2 pF
10 nF
22 nF
0,22 µF
0,47 µF 16 V
2 x 1 µF 16 V
10 µF 16 V
100 µF 16 V

Semiconducteurs
BP 104 SIEMENS
zener 6,2 V 1/4 W
TCA 335 A
TAA 765 A
CD 4011
1N 4148
2 x BC 238 ou similaire
diode LED

LES FIBRES OPTIQUES

Si les rayons infrarouges se propagent fort bien en espace libre, ils circulent aussi très facilement sur les *fibres optiques*. Ces "cheveux de verre" atteignent aujourd'hui des performances tout à fait extraordinaires, nécessaires aux besoins des télécommunications.

Certes, la réalisation d'un câble téléphonique transatlantique à fibres optiques est une affaire de spécialistes plus qu'avertis ! Cependant, les fibres à très faible atténuation qu'il a fallu développer pour cet usage seront certainement bientôt proposées au mètre chez les revendeurs de composants. Il suffira alors de raccorder à nos montages des diodes d'émission et de réception optiquement aptes à recevoir une extrémité de fibre (elles existent déjà !) pour pouvoir réaliser des télécommandes à longue portée.

Bien sûr, il faudra poser physiquement la fibre "sur le terrain", mais ce support de communication est beaucoup plus fin que n'importe quel câble électrique, et transparent, donc très discret. Ne véhiculant aucun courant électrique, ce "câble optique" pourra sans arrière-pensée être installé dans des lieux plus ou moins dangereux : locaux humides, gaines de gaz, etc. Encore bien des applications en perspective...

CHAPITRE 6

TÉLÉCOMMANDES PAR RADIO

Les ondes radio restent un véhicule privilégié pour toutes sortes d'ordres de télécommande à courte, moyenne ou longue distance, pour des applications professionnelles ou domestiques. Irremplaçable dans certaines circonstances, la radio est hélas souvent utilisée à tort et à travers, dans des cas qui relèveraient d'autres techniques.

Pourtant, les radiocommunications sont sévèrement réglementées : sauf dérogations précises, il est nécessaire de détenir une licence *PTT (payante !) pour être autorisé à exploiter un dispositif émetteur. Bien qu'elle dispose de très puissants moyens de détection et de localisation, l'Administration est débordée par la prolifération de petits émetteurs dans certaines bandes de fréquence.*

Autorisé ou non, l'utilisateur d'une télécommande par radio devra donc compter avec l'encombrement des ondes, et donc faire appel à des systèmes de codage performants s'il désire un minimum de sécurité.

TÉLÉCOMMANDE RADIO OU RADIOCOMMANDE ?

Bien que censé recouvrir toutes les familles de télécommandes par radio, le terme "radiocommande" est aujourd'hui presque exclusivement employé pour désigner les équipements de radio-modélisme. Il s'agit généralement de systèmes à plusieurs canaux simultanés et proportionnels. L'encombrement croissant des fréquences rend à peu près inutilisables les schémas employés il y a seulement quelques années. Le modéliste d'aujourd'hui achète bien souvent sa "radio" toute faite, ce qui se révèle finalement plus économique. Seuls quelques amateurs chevronnés osent étudier leurs propres schémas, notamment lorsque leur activité exige des possibilités très spéciales, absentes sur les matériels standards. Ces experts n'ont nullement besoin de nos conseils, aussi limiterons-nous notre propos à l'étude des systèmes de commande par radio à usage domestique : centrales d'alarme, portes de garage ou d'immeuble, barrières de parking, éclairages, dispositifs d'appel, etc.

NOTIONS D'ÉMISSION-RÉCEPTION

Tous les sytèmes de radiocommunication reposent sur la propriété qu'ont les courants alternatifs de *haute fréquence*, de créer un *champ électromagnétique* capable de se *propager* à distance. L'importance de ce phénomène de propagation dépend largement des caractéristiques de *l'antenne* d'émission, pièce conductrice dans laquelle circule le courant HF, et de la *puissance* mise en jeu. Côté réception, une antenne similaire est capable de convertir le champ reçu en une *tension* HF qu'il est alors possible d'amplifier et de traiter par des moyens électroniques appropriés.

La simple présence ou absence de champ émis permet déjà de transmettre des informations : signaux "morse" ou ordres de télécommande "tout ou rien". La transmission, dite à "porteuse pure", risque cependant d'être perturbée par n'importe quel autre émetteur fonctionnant sur la même fréquence, dans le voisinage ou même à grande distance.

Pour augmenter la *sécurité de transmission,* il faut introduire une forme ou une autre de *codage*. Raccordé à un montage émetteur, le codeur digital que nous avons déjà largement utilisé va pouvoir "hacher" la fréquence "porteuse" au rythme du train d'impulsions qu'il produit. Côté réception, des circuits appropriés pourront facilement reconstituer le "télégramme" et le soumettre au décodeur : s'il y a concordance avec le code programmé, l'ordre de télécommande aboutira.

Il s'agit déjà d'une forme de *modulation,* certes rustique, de la porteuse : le message à transmettre agit sur *l'amplitude* de l'onde émise. A côté de la *modulation d'amplitude,* on peut aussi faire appel à la *modulation de fréquence* : la fréquence de l'onde émise est commutée entre deux valeurs distinctes selon l'état de la sortie du codeur, l'amplitude restant à peu près constante.

Dans les deux cas, il s'agit pour le moment de modulation "tout ou rien". Dans bien des cas, on utilise cependant une modulation *linéaire,* notamment lorsqu'il s'agit de transmettre du son (radiodiffusion ou radiotéléphonie) : l'amplitude ou la fréquence de l'onde émise est alors *proportionnelle,* à chaque instant, à l'amplitude du signal à transmettre ou *signal modulant.* Le rapport de proportionnalité s'appelle taux ou indice de modulation. De sa valeur dépendent l'efficacité de la transmission, et aussi l'encombrement de l'espace radio-électrique : plus la modulation est "profonde", et plus l'émission déborde sur les fréquences voisines (phénomène bien connu des victimes des radios locales FM...)

Si le rôle de l'émetteur consiste à produire la puissance suffisante pour faire passer son message, celui du récepteur est tout en finesse : il lui faut *isoler,* de la multitude de signaux forts ou faibles captés par l'antenne, celui auquel on s'intéresse. Parallèlement, il faut aussi *l'amplifier* fortement pour compenser les pertes subies pendant la transmission, mais sans trop le déformer. *Sélectivité* et *sensibilité* seront donc les principales qualités d'un bon récepteur.

Après cette *amplification sélective*, qui peut nécessiter un ou plusieurs *changements de fréquence* pour la commodité des opérations, le récepteur doit encore *démoduler* l'amplitude ou la fréquence du signal reçu, pour en extraire l'information utile, le plus fidèlement possible.

Un récepteur radio performant est donc un assemblage de circuits relativement complexes, nombreux, et souvent délicats à régler. Fort heureusement, il existe toute une gamme de *circuits intégrés* de diverses marques, qui enferment les principales difficultés dans leur petit boîtier de plastique très bon marché ! Initialement conçus pour la réalisation de récepteurs de radio-diffusion AM ou FM, ces composants modernes nous seront d'un précieux secours en réception de radio-télécommande.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA SOLUTION "RADIO"

Par rapport aux différents moyens de transmission "sans fil" que nous avons déjà mis à contribution, la radio présente des caractéristiques bien particulières, pouvant aller tant dans le bon que dans le mauvais sens.

L'avantage numéro un réside dans la faculté qu'ont les ondes radio de *traverser toutes sortes d'obstacles* qui arrêteraient sans pitié infrarouges ou ultrasons. L'absence de *directivité* des antennes utilisées en télécommande évite par ailleurs d'avoir à "pointer" le boîtier émetteur vers le récepteur.

La *portée* pouvant être obtenue dépend du *bilan de liaison* lié à des paramètres tels que puissance d'émission, sensibilité du récepteur, et gain des antennes d'émission et de réception. Dans une optique très théorique, on est poussé à envisager des portées impressionnantes : avec du matériel "CB", par exemple, des télécommandes sur 50 km sont très faisables !

Dans la pratique, les applications courantes sont beaucoup moins exigeantes, ce qui permet de miniaturiser le matériel : avec un boîtier émetteur de poche pratiquement dépourvu d'antenne et alimenté par une petite pile 9 volts, on devra se contenter de portées comprises entre quelques mètres et quelques dizaines de mètres.

Ces restrictions de portée contribueront d'ailleurs à atténuer les inconvénients propres à la liaison radio : un récepteur pas trop sensible mais très sélectif se laissera difficilement perturber par les multiples émissions de la bande CB, tandis qu'un émetteur peu puissant ne causera pas de perturbations locales et ne risquera pas trop d'exciter la curiosité d'un auditeur mal intentionné. N'oublions pas, en effet, que même si votre porte de garage est commandée par un système radio professionnel à haute sécurité, il suffit à un éventuel cambrioleur de stationner un moment près de chez vous avec un récepteur CB et un magnétophone pour percer le codage avec le premier oscilloscope venu...

ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS 27 MHz

Le schéma de la *figure 6-1* est celui d'un circuit émetteur complet à *codeur incorporé*. En effet, pour des raisons de compacité, il nous a paru préférable de ne pas utiliser le module codeur avec son circuit imprimé indépendant.

Le schéma de la partie "codeur" est toutefois rigoureusement le même : si certains lecteurs tenaient absolument à disposer des interrupteurs DIL pour le codage, ils pourraient bien entendu se servir du module spécialisé (*figures 2-28 et 2-30*).

Cette configuration à trois transistors dissocie complètement les trois fonctions de base que sont le modulateur AM, l'oscillateur à quartz, et l'amplificateur de puissance.

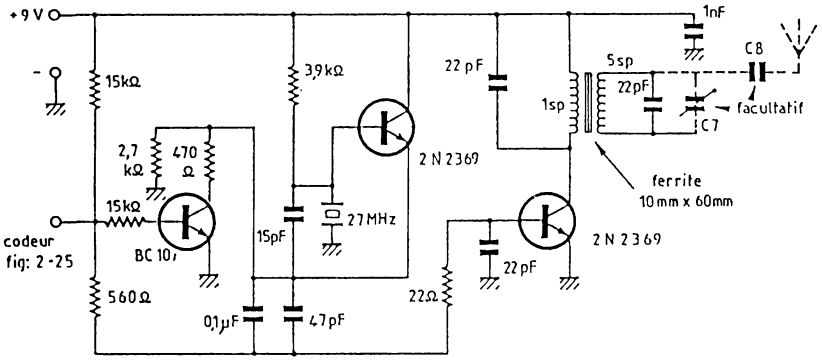


Fig. 6-1. — Un émetteur 27 MHz AM

Le transistor de sortie débite dans un bobinage réalisé sur un *barreau de ferrite :* c'est assez inhabituel en 27 MHz, mais permet d'éviter toute antenne extérieure, filaire ou télescopique. Pour obtenir une portée maximum (50m environ), il faut toutefois que le bobinage secondaire soit *accordé* au moyen de C7. Cela n'est possible que si le barreau de ferrite est réalisé dans un matériau adapté à la fréquence de 27 MHz, pas forcément facile à se procurer...

Avec un bâtonnet de ferrite ordinaire, C7 n'aura aucune action notable et pourra être supprimé : la portée ne dépassera alors pas la dizaine de mètres dans le meilleur des cas. Pour l'augmenter, on pourra installer une antenne extérieure, couplée par un condensateur C8 de quelques dizaines de pF ou

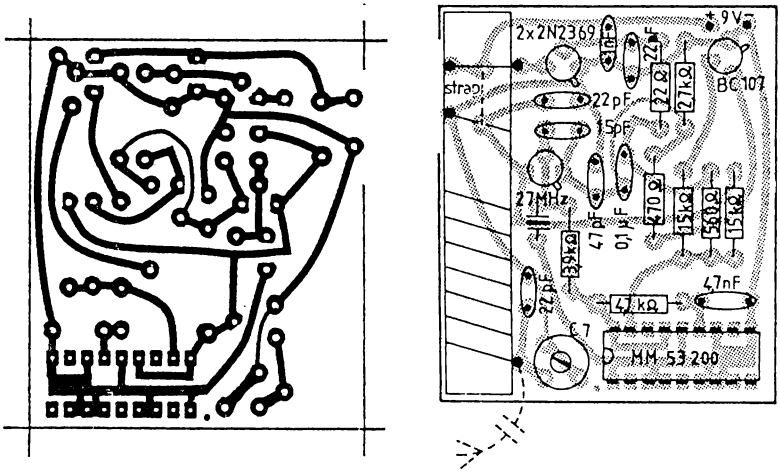


Fig. 6-2 et 6-3. — Réalisation pratique de l'émetteur 27 MHz

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
22 Ω
470 Ω
560 Ω
2,7 kΩ
3,9 kΩ
2 x 15 kΩ
4,7 kΩ

Condensateurs
15 pF
3 x 22 pF
47 pF
1 nF
4,7 nF
0,1 µF
ajustable (voir texte)

Semiconducteurs
MM 53200 (NS)
BC 107 ou similaire
2 x 2N 2369

Divers
quartz 27 MHz (canal au choix)
barreau ferrite 10 x 55mm
fil rigide 10/10 environ
pile 9 V avec clip
boîtier de poche (MMP)

même branché directement à la borne "chaude" de C6. Cette disposition est particulièrement intéressante lorsque l'émetteur est installé à demeure dans une voiture : l'antenne peut alors être constituée par l'antenne de l'autoradio ou par une partie du câblage électrique du véhicule (dégivreur arrière par exemple).

Canal	Fréquence (quartz émission)	Fréquence — 455 kHz (quartz réception)
1	26965	26510
2	26975	26520
3	26985	26530
4	27005	26550
5	27015	26560
6	27025	26570
7	27035	26580
8	27055	26600
9	27065	26610
10	27075	26620
11	27085	26630
12	27105	26650
13	27115	26660
14	27125	26670
15	27135	26680
16	27155	26700
17	27165	26710
18	27175	26720
19	27185	26730
20	27205	26750
21	27215	26760
22	27225	26770
23	27235	26780
24	27245	26790
25	27255	26800
26	27265	26810
27	27275	26820
28	27285	26830
29	27295	26840
30	27305	26850
31	27315	26860
32	27325	26870
33	27335	26880
34	27345	26890
35	27355	26900
36	27365	26910
37	27375	26920
38	27385	26930
39	27395	26940
40	27405	26950

Fig. 6-4. — Fréquences des quartz 27 MHz les plus courants

Le circuit imprimé de la *figure 6-2* est tout spécialement destiné à se loger dans un boîtier de poche de chez MMP, avec ou sans logement de pile selon l'usage prévu. Un simple trou dans le panneau amovible recevra le bouton-poussoir de mise en marche. Lors du tirage du circuit imprimé, on devra prévoir le codage en mettant à la masse les broches voulues du MM 53200 : sur notre figure, la broche n° 10 y est déjà reliée, mais le lecteur est évidemment libre de son choix. Éventuellement, le codage peut être programmé après coup par de simples points de soudure.

Le câblage selon la *figure 6-3* est facile à exécuter, mais il faudra veiller à poser dès le début le strap placé sous l'antenne ferrite. Le bobinage secondaire (6 spires de fil rigide 8/10) sera réalisé en premier, le primaire se limitant à une demi-spire contribuant au maintien du barreau sur la carte.

Ce montage doit fonctionner dès la dernière soudure achevée. Pour le tester, n'importe quel récepteur 27 MHz fera l'affaire, par exemple un talkie-walkie jouet. Avec un poste CB, on veillera à choisir le canal correspondant au quartz utilisé. Le tableau de la *figure 6-4* donne la correspondance entre canaux "CB" et fréquences des quartz devant équiper l'émetteur et le récepteur (modèles standards du commerce).

On peut vérifier la conformité de la modulation en reliant à un oscilloscope, réglé sur sa sensibilité maximum, quatre spires de fil de câblage amenées en face du barreau de ferrite de l'émetteur en fonctionnement : on doit retrouver l'allure des créneaux délivrés par le MM 53200, la fréquence de 27 MHz étant visualisée sous forme d'une sorte de bande lumineuse homogène. En principe, n'importe quel récepteur AM accordé par quartz sur la fréquence de cet émetteur peut attaquer notre *module décodeur* précédemment décrit : son étage d'entrée lui permet de s'accomoder de toute une variété de niveaux audio.

Nous allons cependant fournir les plans d'un *module récepteur* particulièrement bien adapté à cette application car très sélectif.

Le récepteur dont la *figure 6-5* reproduit le schéma de principe est du type superhétérodyne à simple changement de fréquence : cette configuration permet d'utiliser des quartz facilement disponibles (fréquence inférieure de 455 kHz à celle de l'émetteur) et d'obtenir une bonne sensibilité.

L'emploi de plusieurs filtres céramique donne au montage une sélectivité fort satisfaisante : même si l'on peut faire mieux avec un double changeur de fréquence, deux canaux adjacents de la bande CB sont efficacement séparés.

Le changeur de fréquence est bâti autour d'un SO42P, composant très classique qui, lorsqu'il est accordé par quartz, ne requiert aucun réglage de l'oscillateur.

La partie FI est construite avec un TDA 1046 dont l'étage HF, normalement inutilisé dans ce genre d'application, est placé en tête et accordé sur 455 kHz : le gain de l'ensemble du récepteur est donc important, bien que stabilisé par une énergique CAG interne au TDA 1046.

La sélectivité est fixée par deux transfos 455 kHz et deux filtres céramique dont un double (SFZ 455A). Q2 peut éventuellement être remplacé par un condensateur de 0,1 μF en cas de problème d'approvisionnement : la sélectivité reste encore fort acceptable.

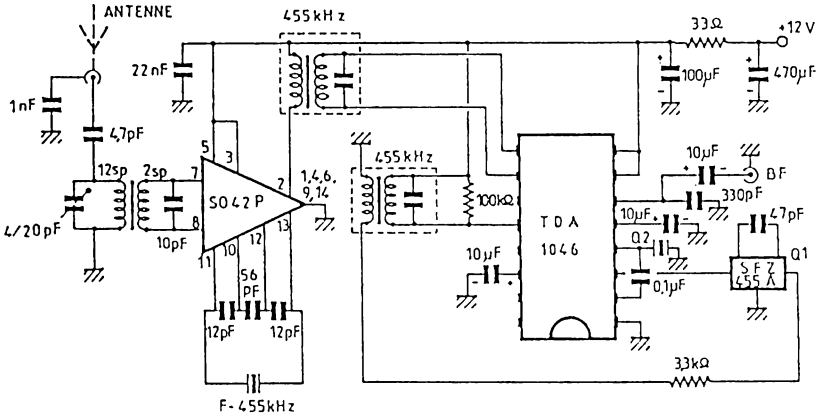


Fig. 6-5. — Un récepteur 27 MHz AM

Tout le montage tient sur l'unique circuit imprimé de la *figure 6-6*, selon l'implantation de la *figure 6-7*. Les principaux composants polarisés étant détrompés, il n'y a guère de risque d'erreur. Il n'y a pas de sens préférentiel pour le montage des filtres céramique.

NOMENCLATURE

Résistances
(5 %1/4 W sauf mention contraire)
33 Ω
3,3 kΩ
100 kΩ

Condensateurs
10 pF
2 x 12 pF
2 x 47 pF
56 pF
330 pF
1 nF
22 nF
0,1 µF
3 x 10 µF 16 V
100 µF 16 V
470 µF 16 V

Semiconducteurs
SO 42 P SIEMENS
TDA 1046 SIEMENS

Divers
filtre céramique 2 x 455 kHz (SFZ 455 A)
quartz 455 kHz sous fréqu. à recevoir
filtre céramique 455 kHz (BFU 455 K) ou 0,1 µF
condensateur ajustable 4/20 pF
transfo FI 455 kHz 7 x 7 mm
mandrin LIPA 8 mm
fil émaillé 5/10
transfo FI 455 kHz 7 x 7 mm (voir texte)
antenne 27 MHz
alimentation 12 V environ

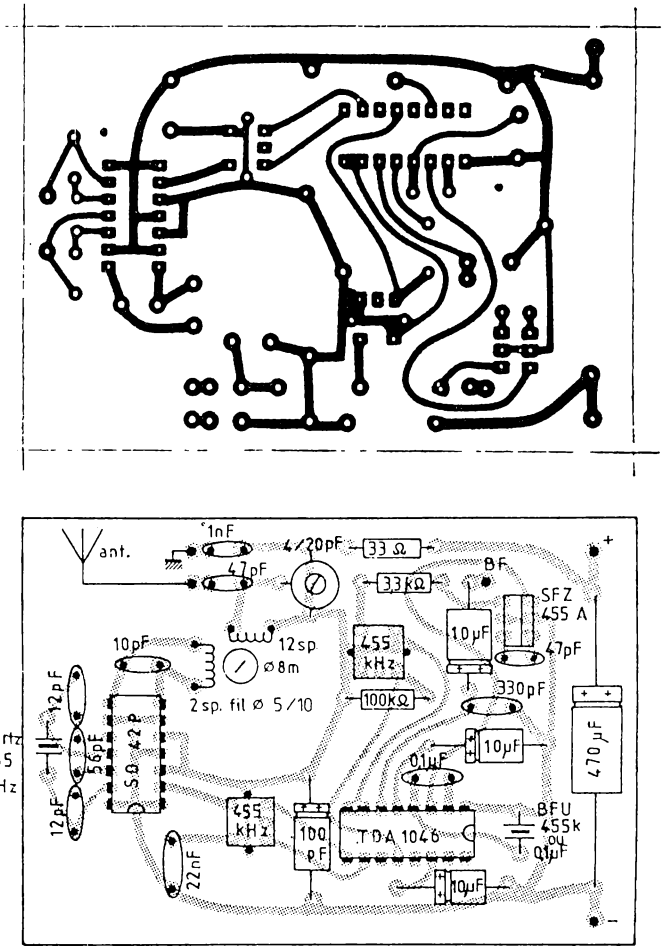


Fig. 6-6 et 6-7. — Réalisation pratique du récepteur 27 MHz

Les deux transfos 455 kHz seront extraits d'un jeu de trois, normalement destiné à la construction de platines FI à transistors : on éliminera le *dernier* transfo de la chaîne (détecteur), facilement reconnaissable à l'ohmmètre (résistance des enroulements très différente).

Pour procéder aux réglages, il suffit d'une très petite antenne (10 cm de fil rigide) mais, en exploitation, il sera souhaitable de soigner ce détail : antenne filaire longue, ou mieux antenne spéciale pour CB.

Le signal de l'émetteur doit être reçu avant même d'avoir réglé quoi que ce soit. Le réglage consiste à agir sur tous les noyaux et sur le condensateur ajustable, de façon à obtenir le niveau de sortie le plus fort possible, tout en éloignant progressivement l'émetteur. Il est alors possible de raccorder le décodeur de télécommande, qui doit réagir convenablement aux signaux ainsi reçus. Bien entendu, il faudra retoucher le réglage L1/C8 si l'on change d'antenne.

La sensibilité de ce récepteur étant de l'ordre de grandeur de celle d'un poste CB moyen, c'est au niveau des antennes et surtout de la puissance d'émission qu'il est possible d'agir, s'il faut absolument augmenter massivement la portée pour telle ou telle application particulière. Le module codeur peut bien entendu être utilisé pour moduler tout autre émetteur mais attention : le rythme de modulation est assez élevé, et il faut que l'émetteur suive. Une autre solution consiste à remplacer le bobinage sur barreau de ferrite par l'enroulement de couplage d'entrée d'un amplificateur de puissance HF à un ou plusieurs étages.

C'est ainsi que sont construits les émetteurs classiques : notre montage viendra simplement prendre la place du pré-driver dans l'un ou l'autre des schémas habituels.

ÉMETTEURS ET RÉCEPTEURS VHF

Deux bandes de fréquence sont particulièrement affectionnées des amateurs : la gamme CB des 27 MHz, et la bande FM. La première a été mise à contribution par nos deux précédents montages, et la seconde va faire l'objet de l'étude qui suit.

En principe, la bande FM est réservée à la radiodiffusion, et on ne devrait y trouver que des stations dûment autorisées et respectant un cahier des charges très strict pour ne pas causer de nuisances. En réalité, la bande FM tourne plutôt au "far-west", ce qui permet à beaucoup d'amateurs de s'en servir impunément.

Les deux montages qui vont être décrits peuvent être accordés sur une fréquence vacante de la gamme FM (ce qui facilite la mise au point) ou sur différentes fréquences plus basses ou plus élevées : il suffit de modifier légèrement les bobinages. De toute façon, la portée réduite et le caractère occasionnel de la transmission d'ordres de télécommande sont des données à ne pas négliger.

Le petit émetteur de la *figure 6-8* est modulé en fréquence par une diode à capacité variable ou "varicap", dont la référence exacte importe peu : il suffit qu'il s'agisse d'un modèle pour VHF. La tension de commande de cette diode provient d'un oscillateur à portes CMOS délivrant une tonalité "hachée" d'environ 1000 Hz. Cette sonorité, rappelant la tonalité "occupé" du télé-

phone, sera commode pour les essais, mais on pourra ensuite la rendre permanente en bloquant le premier multivibrateur. Ce signal pourra commander un *détecteur de tonalité* connecté au récepteur, mais on pourra tout aussi bien remplacer cette source de signaux "audio" par notre module codeur.

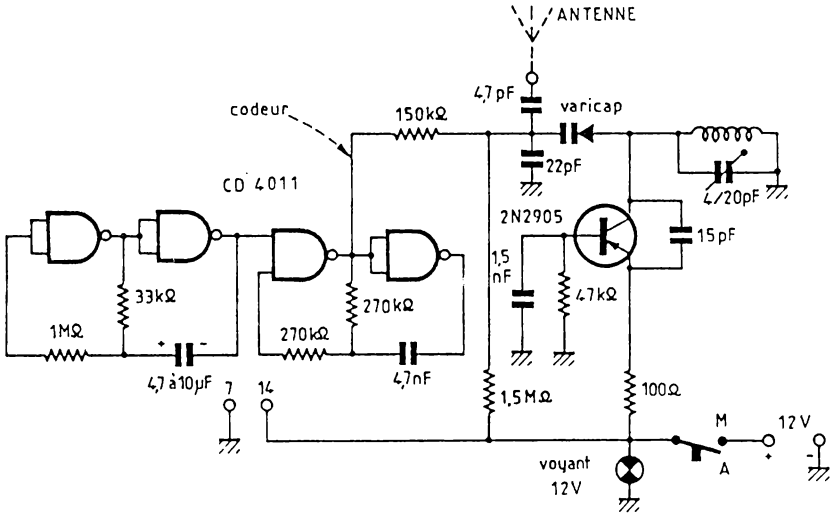


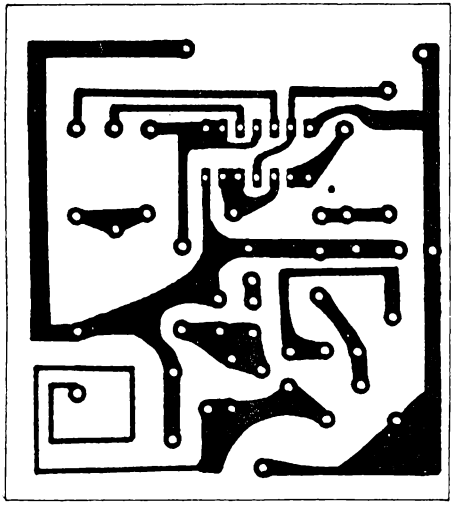
Fig. 6-8. — Un petit émetteur fonctionnant dans la bande FM

Le circuit imprimé de la *figure 6-9* comporte une piste faisant office de bobinage : le câblage selon la *figure 6-10* sera donc aussi simple que celui de tout montage courant. On veillera évidemment à monter tous les composants dans le bon sens, sans longueurs de fil excédentaires.

Le réglage se limite au choix de la fréquence d'émission à l'aide du condensateur ajustable : n'importe quel récepteur FM suffit à constater le fonctionnement du montage, qui doit être immédiat dès la dernière soudure achevée.

La *figure 6-11* donne le schéma d'un récepteur bien adapté à cet émetteur. Tel qu'il est décrit, il reçoit une partie de la bande FM, ce qui permettra facilement de le tester séparément.

Le circuit imprimé de la *figure 6-12* devra être reproduit avec précision, car en VHF, le tracé est critique. Lors de l'implantation des composants d'après la *figure 6-13*, on constatera que certains trous ne servent pas : c'est voulu, car le même circuit imprimé peut recevoir des composants supplémentaires pour certaines applications particulières.



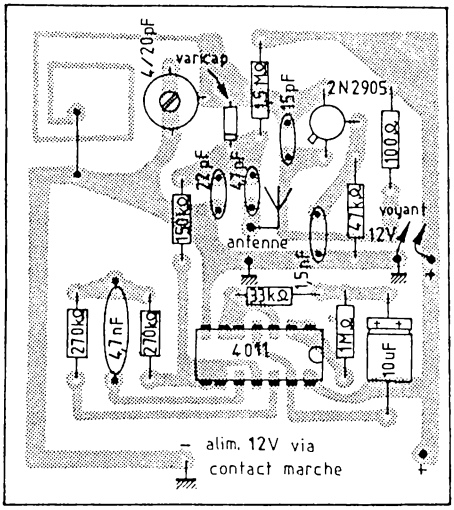


Fig. 6-9 et 6-10. — Réalisation pratique de l'émetteur FM

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
100 Ω
33 kΩ
47 kΩ
150 kΩ
2 x 270 kΩ
1 M Ω
1,5 M Ω

Condensateurs
4/20 pF ajustable
15 pF
22 pF
4,7 pF
1,5 nF
4,7 nF
10 µF 16 V

Semiconducteurs
CD 4011
2N 2905
diode varicap VHF
(BB 105, BA 102, etc.)

Divers
antenne VHF
pile 12 V

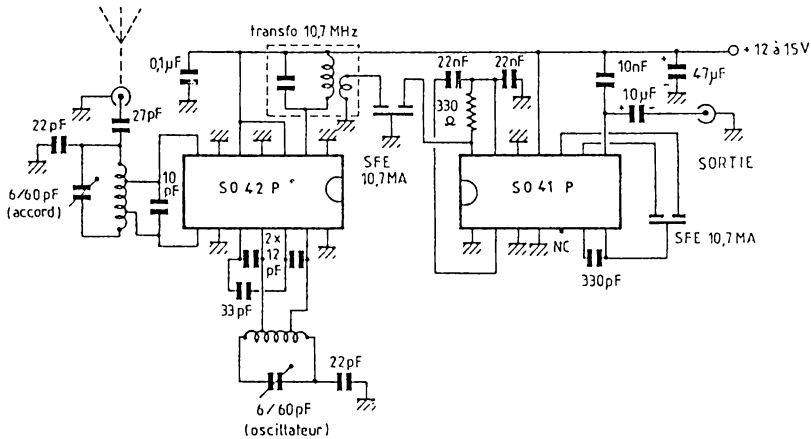
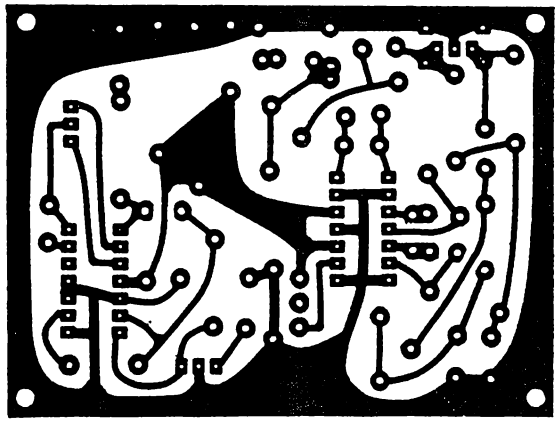


Fig. 6-11. — Un récepteur FM simple mais performant



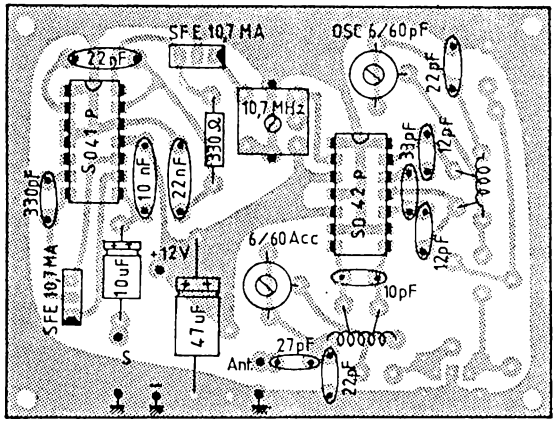


Fig. 6-12 et 6-13. — Réalisation pratique du récepteur FM

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
330 Ω

Condensateurs
10 pF
2 x 12 pF
2 x 22 pF
33 pF
27 pF
ajustable 6/60 pF
330 pF
10 nF
2 x 22 nF
0,1 µF
10 µF 16 V
47 µF 16 V
ajustable 6/60 pF

Semiconducteurs
SO 42 P SIEMENS
SO 41 P SIEMENS

Divers
transfo FI 10,7 MHz 10 x 10 mm
2 filtres céramique 10,7 MHz (SFE 10,7 MA)
fil rigide étamé (voir texte)
alimentation 12 V environ

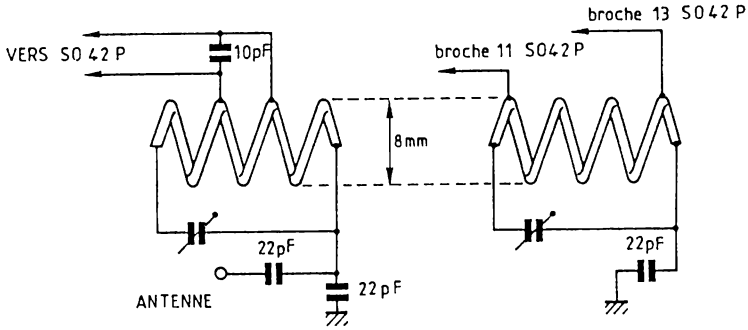


Fig. 6-14. — Détail de la réalisation des bobinages

Les deux bobinages seront réalisés en fil nu de 8 à 10/10 selon les indications de la *figure 6-14 :* le diamètre de 8 mm sera obtenu grâce à un guide approprié (foret de perceuse, par exemple) qui sera retiré lors du montage sur la carte puisqu'il s'agit de bobinages "sur air". Attention au positionnement des deux prises intermédiaires (queues de résistances soudées sur les spires), différent d'un bobinage à l'autre. Le troisième bobinage sera acheté tout fait : il s'agit d'un transfo Fi 10,7 MHz standard (10x10 mm). Les filtres céramique seront du type "à trois pattes", très courant : la marque importe peu.

Le réglage se fera à proximité de l'émetteur en marche : on connectera un écouteur "haute impédance" (minimum 600 Ω) à la sortie du récepteur, et on agira sur les trois points de réglage, à plusieurs reprises, jusqu'à obtenir le maximum de son en éloignant progressivement l'émetteur.

Une portée significative ne pourra être obtenue que si l'émetteur *et* le récepteur sont tous deux munis d'antennes efficaces : dans un premier temps, deux antennes télescopiques ou deux fils rigides de 80 cm pourront suffire.

UNE TÉLÉCOMMANDE RADIO "CLÉ EN MAIN"

Les deux systèmes précédents nécessitent l'adjonction de divers modules (notamment décodeurs) selon les besoins particuliers de chacun. Comme dans le cas des télécommandes à infrarouges, nous avons pensé que certains de nos lecteurs apprécieraient que nous leur fournissions les schémas d'un ensemble complet simplifié. Les performances modestes d'un tel montage seraient compensées par la facilité de réalisation pratique et d'utilisation.

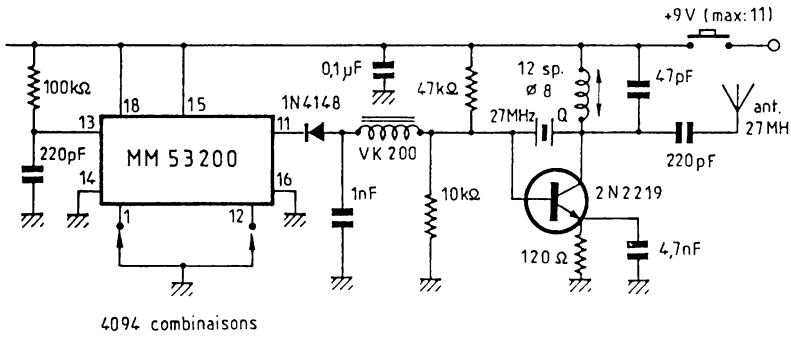


Fig. 6-15.— Une version "minimum" de l'émetteur radio

Le schéma de la *figure 6-15* est celui d'un petit émetteur radio à codeur digital incorporé, utilisant un strict minimum de composants. Il peut être assemblé sur le circuit imprimé de la *figure 6-16*, selon l'implantation de la *figure 6-17*.

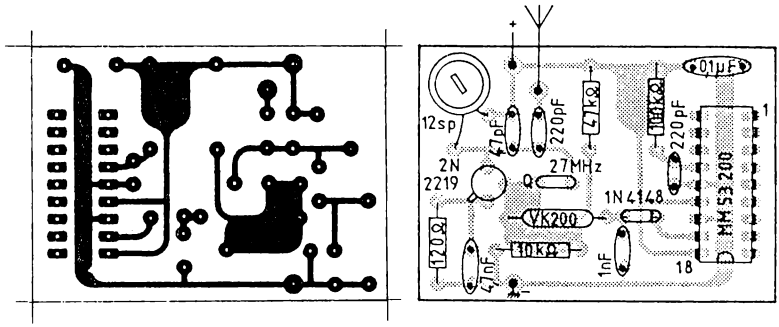


Fig. 6-16 et 6-17. — Réalisation pratique de l'émetteur

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
120 Ω
10 kΩ
47 kΩ
100 kΩ

Condensateurs
47 pF
2 x 220 pF
1 nF
4,7 nF
0,1 µF

Semiconducteurs
2N 2219
1N 4148
MM 53200

Divers
quartz 27 MHz (canal au choix)
self de choc genre VK 200
mandrin LIPA 8 mm
fil émaillé 35/100
antenne 27 MHz (voir texte)
pile 9 V avec clip
bouton-poussoir à contact travail

Le bobinage s'obtient en enroulant 12 spires de fil émaillé de 35/100 sur un mandrin LIPA de 8 mm avec vis de réglage. Avec sa pile 9 V, ce montage peut tenir dans un très petit boîtier, mais il lui faut une antenne télescopique d'au moins 50 cm, ou une longueur de fil équivalente.

Le récepteur de la *figure 6-18* rassemble un décodeur très classique, et une partie radio qui l'est beaucoup moins. Simplifiée à l'extrême, elle utilise un branchement très spécial d'un circuit intégré démodulateur FM, bien que l'émetteur fonctionne en AM. Cette simplicité se paie par une portée réduite (quelques mètres), et par un réglage assez délicat du bobinage.

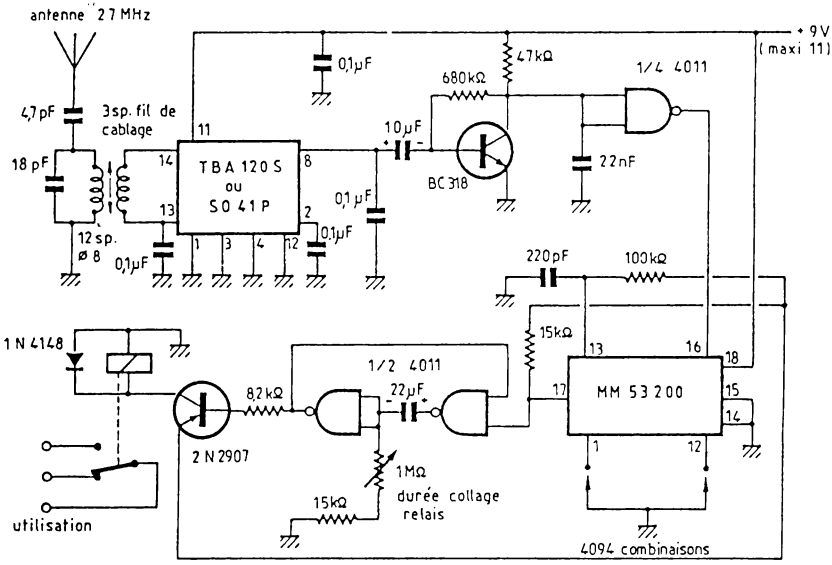


Fig. 6-18. — Un récepteur 27 MHz simplifié

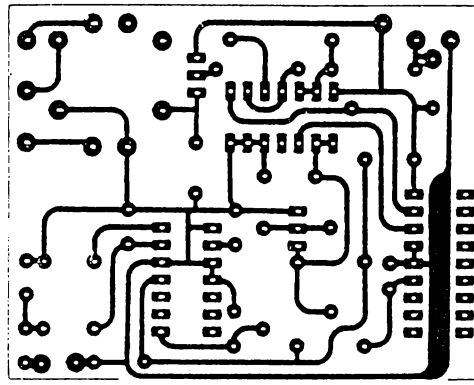
NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
4,7 kΩ
8,2 kΩ
2 x 15 kΩ
100 kΩ
680 kΩ
pot. ajustable 1 M Ω

Condensateurs
4,7 pF
18 pF
220 pF
22 nF
4 x 0,1 µF
10 µF 10 V
22 µF 10 V

Semiconducteurs
BC 318 ou similaire
2N 2907
MM 53200
TBA 120 S (S est important)
CD 4011 B
1N 4148

Divers
mandrin LIPA 8 mm
fil émaillé 5/10
relais 9 V 1 inverseur
antenne 27 MHz
alimentation 9 V



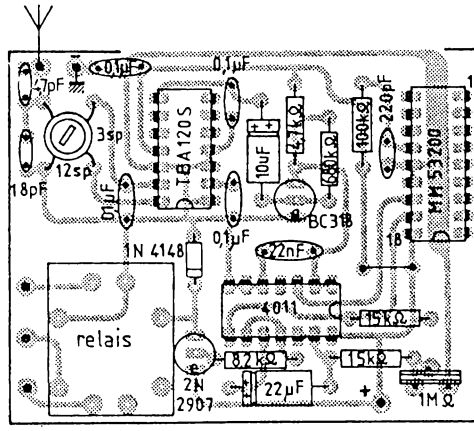


Fig. 6-19 et 6-20. — Réalisation pratique du récepteur

Le circuit imprimé de la *figure 6-19* doit être câblé conformément à la *figure 6-20*. Le bobinage est identique à celui de l'émetteur mais comporte en plus trois spires de fil de câblage rigide isolé par-dessus le premier enroulement (le sens du bobinage est indifférent).

Le réglage consiste à conjuguer les positions des noyaux des bobines émettrice et réceptrice pour obtenir, dans un premier temps, le déclenchement du récepteur à deux mètres environ puis, dans un deuxième temps, le maximum de portée.

Le récepteur, réputé fixe, pourra avantageusement bénéficier d'une antenne plus longue que l'émetteur. Notons que toute modification de l'antenne nécessite une retouche du réglage de l'accord.

Sur réception d'un ordre valide, le relais du récepteur, incorporé sur la carte, colle pendant un temps réglable par le potentiomètre ajustable prévu à cet effet. L'utilisateur peut faire l'usage qu'il désire du contact inverseur qui lui est offert. Emetteur comme récepteur s'alimentent sous 9 V, avec une consommation modeste : précisons que toute tension supérieure à 11 V risquerait d'endommager les montages.

CHAPITRE 7

TÉLÉCOMMANDES "SECTEUR"

Partout présents dans la plupart des bâtiments, les fils du secteur électrique servent de plus en plus souvent à véhiculer toutes sortes d'informations : chacun connaît les "interphones secteur" permettant apparemment de communiquer "sans fil" d'une pièce à une autre.

EDF utilise aussi les fils de son réseau pour télécommander des appareils installés chez ses abonnés (compteurs à double tarif), tandis qu'en secteur professionnel, certains "réseaux locaux" pour ordinateurs utilisent les fils de l'installation électrique. Moyennant certaines précautions, il est relativement facile de faire passer par ce canal toutes sortes d'ordres de télécommande.

PRINCIPES DE BASE DES LIAISONS "SECTEUR"

Les fils d'une installation électrique normale sont uniquement parcourus par des courants à la fréquence de 50 Hz. Or, on peut vérifier qu'ils sont également capables de transporter assez loin des signaux de plusieurs dizaines de kilohertz.

Une telle différence de fréquence rend assez simple la conception de *filtres* capables de *séparer* la "haute fréquence" du courant secteur : on pourra donc *superposer* toutes sortes d'informations aux courants circulant normalement dans une installation électrique.

Si la fréquence utilisée est suffisamment élevée, les signaux seront arrêtés par les bobinages du compteur, et ne risqueront pas d'interférer avec un équipement similaire installé chez le voisin. En revanche, les pertes seront plus sévères dans les capacités parasites de l'installation. Pratiquement, de bons résultats peuvent être obtenus entre 50 et 500 kHz environ, mais on peut expérimenter en dehors de cette fourchette !

Il est nécessaire que l'émetteur délivre une puissance non négligeable et que le récepteur soit sensible, car le réseau se comporte comme une impédance très faible (2,5 à 10 Ω environ, selon l'environnement).

Les mêmes principes peuvent être appliqués, moyennant quelques adaptations, à d'autres lignes que les fils du secteur : lignes téléphoniques (privées !), câbles d'enceintes acoustiques, installations de sonnerie ou d'interphone, fils des systèmes d'alarme, etc.

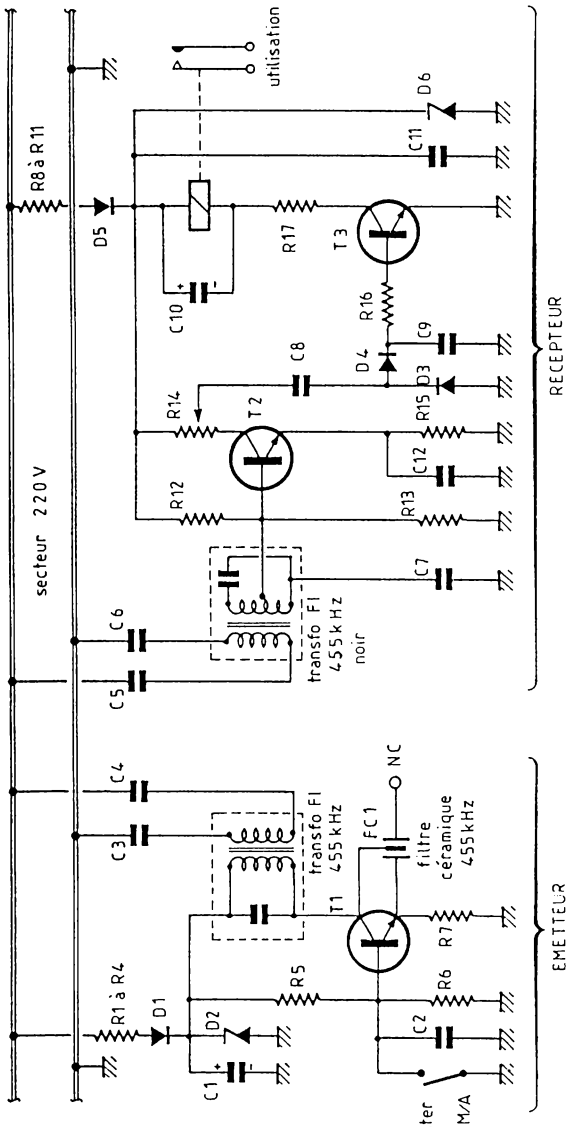


Fig. 7-1. — Une télécommande secteur simplifiée à l'extrême

UNE TÉLÉCOMMANDE SECTEUR SIMPLE

Cette réalisation simplifiée à l'extrême utilise la fréquence de 455 kHz, choisie pour plusieurs raisons :

— Il existe dans le commerce de nombreux composants (bobinages, transfos, filtres céramique) préréglés sur cette fréquence. Très peu coûteux et fort courants, ces éléments simplifient beaucoup la construction et le réglage des deux circuits.

— Cette fréquence est suffisamment élevée pour se trouver radicalement arrêtée par les bobinages du compteur électrique. Cela évite toute interférence avec d'autres éléments extérieurs à l'installation.

— Cette fréquence est assez éloignée de celle sur laquelle fonctionnent les interphones secteur, ce qui autorise une utilisation simultanée dans la majorité des cas.

Le schéma de la *figure 7-1* regroupe l'émetteur et le récepteur ce qui permet de mieux suivre le cheminement des signaux HF. Chaque circuit possède une alimentation identique, dans laquelle une résistance de puissance (4x10 kΩ 3 W) fait chuter à 12 V la tension du secteur. Cette solution fait consommer un peu d'énergie en pure perte, mais a été préférée à celle utilisant un condensateur comme impédance chutrice, afin de ne pas absorber sitôt produite la tension HF délivrée par l'émetteur.

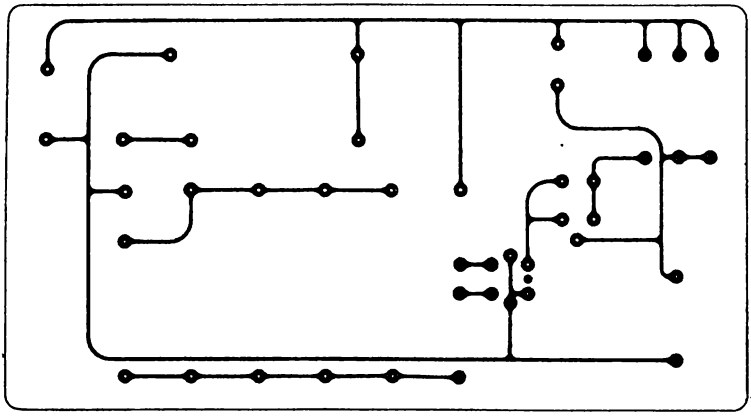
L'émetteur, justement, se réduit à un simple oscillateur dont la mise en état de réaction est assurée par un filtre céramique. Cela garantit le respect précis de la fréquence délivrée et simplifie énormément le réglage. De plus, ce procédé permet de tirer un maximum de puissance HF de ce montage pourtant simple.

Un transformateur accordé sur 455 kHz adapte l'oscillateur à la faible impédance du secteur électrique, sur lequel l'injection des signaux HF se fait à travers deux condensateurs de 0,1 µF à fort isolement.

La mise hors service de l'oscillateur se fait par court-circuitage du pont de polarisation du 2N1711 au moyen de l'interrupteur de commande.

L'entrée sur le récepteur se fait par deux condensateurs de 10 nF et par un transformateur élévateur accordé sur 455 kHz. Il ne reste donc pour ainsi dire aucune trace au secondaire du 50 Hz pourtant présent en ligne à raison de 220 V pour quelques millivolts de 455 kHz.

Un transistor BC 318 ou équivalent se charge d'amplifier la HF ainsi filtrée jusqu'à un niveau, réglable, permettant une détection dans de bonnes conditions par le doubleur de tension qui lui fait suite. La tension continue ainsi obtenue est suffisante pour saturer le transistor de commande du relais en présence de 455 kHz, et donc pour déclencher la fermeture de ses contacts. Un condensateur de 10 µF est prévu pour empêcher d'éventuels frétillements du relais si le secteur est fortement parasité.



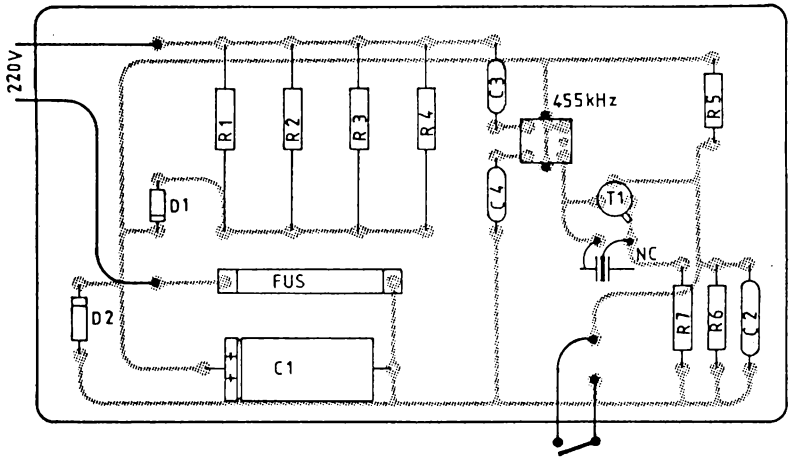
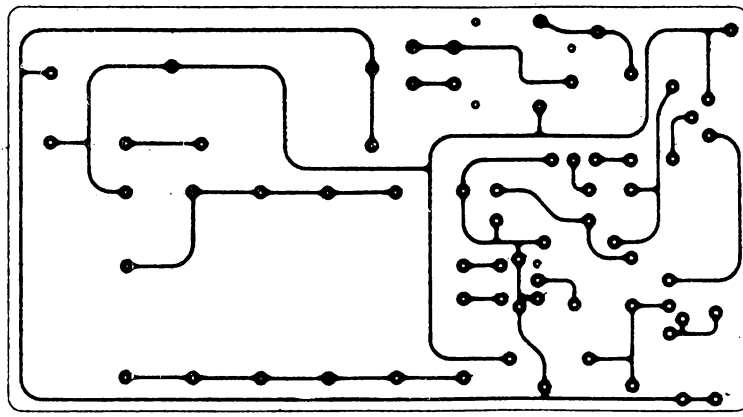


Fig. 7-2 et 7-3. — Réalisation pratique de l'émetteur "secteur"

L'émetteur peut être câblé sur un circuit imprimé dessiné à la *figure 7-2* et implanté selon la *figure 7-3*. La carte de réception, bien que plus chargée, épouse le même format. Son tracé apparaît à la *figure 7-4,* et son implantation à la *figure 7-5*.

Pour des raisons de sécurité, on veillera à ne pas omettre le fusible de 500 mA prévu sur chaque carte. La tension secteur (dangereuse !) étant présente en tous points des deux cartes, on sera extrêmement prudent lors de la mise en service, qui se déroulera comme suit :



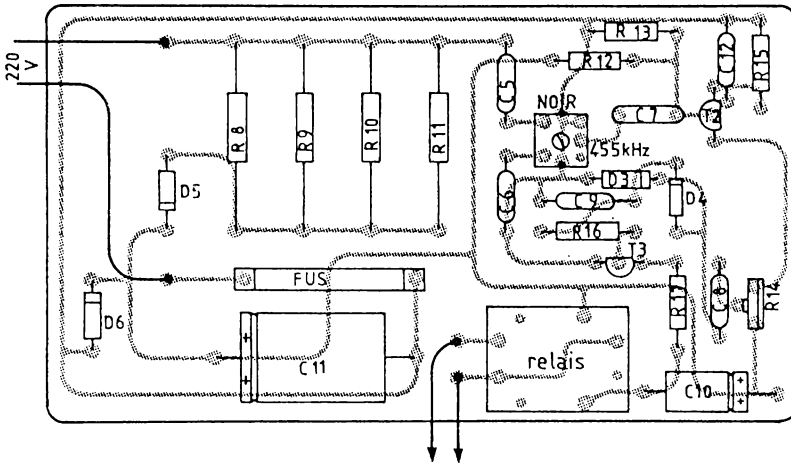


Fig. 7-4 et 7-5. — Réalisation pratique du récepteur "secteur"

— brancher le récepteur sur le secteur, l'ajustable étant réglé curseur au plus près du collecteur du transistor,

— observer le relais pendant quelques minutes et neutraliser d'éventuels collages intempestifs en agissant sur l'ajustable 2,2 kΩ,

— relier alors l'émetteur au secteur et vérifier que l'action sur l'interrupteur se répercute sur le relais du récepteur.

On peut augmenter la portée ainsi obtenue en ajustant les noyaux des transfos 455 kHz. A ce niveau, l'emploi d'un oscilloscope isolé de la terre peut être profitable pour visualiser les maxima de tension aux secondaires.

NOMENCLATURE

Résistances
émetteur
R_1 : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_2 : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_3 : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_4 : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_5 : 3,9 kΩ 0,25 W 5 %
R_6 : 1 kΩ 0,25 W 5 %
R_7 : 100 Ω 0,25 W 5 %

récepteur
R_8 : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_9 : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_{10} : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_{11} : 10 kΩ ou 15 kΩ 3 W 10 %
R_{12} : 68 kΩ 0,25 W 5 %
R_{13} : 10 kΩ 0,25 W 5 %
R_{14} : 2,2 kΩ pot. ajustable
R_{15} : 33 Ω 0,25 W 5 %
R_{16} : 10 kΩ 0,25 W 5 %
R_{17} : 12 Ω 0,25 W 5 %

Divers
2 circuits imprimés
1 jeu de transfos FI 455 kHz
LMC 4100 ou 4200 TOKO
1 relais 12 V 300 Ω 2 RT
1 interrupteur unipolaire
2 porte-fusibles (0,5 Amp.)

Condensateurs
émetteur
C_1 : 470 µF 25 V chimique
C_2 : 0,22 µF 400 V
C_3 : 0,1 µF 400 V
C_4 : 0,1 µF 400 V
récepteur
C_5 : 10 nF 400 V
C_6 : 10 nF 400 V
C_7 : 0,1 µF 250 V
C_8 : 0,1 µF 250 V
C_9 : 0,22 µF 250 V
C_{10} : 10 µF chimique 25 V
C_{11} : 470 µF chimique 25 V
C_{12} : 0,1 µF 250 V

Transistors

T_1 : 2N 1711 (émetteur)
T_2 : BC 318 (récepteur)
T_3 : BC 318 (récepteur)

Autres semi-conducteurs

D_1 : 1N 4004
D_2 : Zener 12 V 1 W
D_3 : 1N 4148
D_4 : 1N 4148

D_5 : 1N 4004
FC_1 : BFU 455 k Murata-Stettner
D_6 : Zener 12 V 1 W.

Nomenclature de la télécommande secteur (émetteur et récepteur)

On effectuera ces mesures avec une extrême prudence car la masse de l'oscilloscope se trouve reliée au secteur ; il faut de plus vérifier que l'oscilloscope utilisé autorise cette manipulation : certains modèles font purement et simplement un court-circuit avec le secteur (masse reliée à la terre).
Quelques remarques pour finir : en ce qui concerne le filtre céramique, il est normalement prévu d'employer un BFU 455 K Murata, qui ne comporte que deux sorties. Il est néanmoins possible d'utiliser d'autres filtres 455 kHz (à trois sorties) en coupant l'une des pattes extérieures.

Pour les transfos FI, de dimensions 7x7 mm, on choisira de préférence un jeu TOKO LMC 4100 ou LMC 4200. Ces jeux de trois transfos contiennent un modèle à vis noire, un à vis blanche, et un à vis jaune. Le modèle à vis noire est à réserver au récepteur, alors que l'émetteur peut utiliser indifféremment le blanc ou le jaune. Il est bien précisé que les couleurs des noyaux de transfos d'autres types ne correspondent pas à ce code, et que des essais sont nécessaires pour fixer le meilleur choix.

UN CIRCUIT INTÉGRÉ SPÉCIALISÉ

Bien que le montage qui vient d'être décrit suffise généralement pour un usage courant dans un appartement ou un petit pavillon, les moyens très simples mis en œuvre ne permettent pas de tirer le maximum de cet intéressant moyen de transmission qu'est le réseau électrique. Pour atteindre un maximum de portée et de sécurité, il faut recourir à des circuits beaucoup plus complexes. Fort heureusement, National Semiconductor a développé un circuit intégré spécifique, réunissant dans un petit boîtier peu coûteux, tout ce qui risque d'excéder les compétences de l'amateur.

La *figure 7-6* donne le schéma d'application du LM 1893 N, conforme à ce que recommande son fabricant. La mise à la masse de la broche 5 du circuit intégré transforme immédiatement l'émetteur en récepteur utilisant les mêmes composants annexes. La fréquence de fonctionnement peut être choisie entre 50 et 300 kHz selon la valeur de Co, et ajustée finement au moyen du potentiomètre prévu sur la carte : ce réglage n'est pas vraiment critique, mais de sa précision dépend la portée pouvant être obtenue. On fera donc en sorte qu'émetteur et récepteur soient bien accordés sur la même fréquence. Avec les valeurs indiquées, la fréquence obtenue est d'environ 125 kHz, ce qui convient à bien des applications.

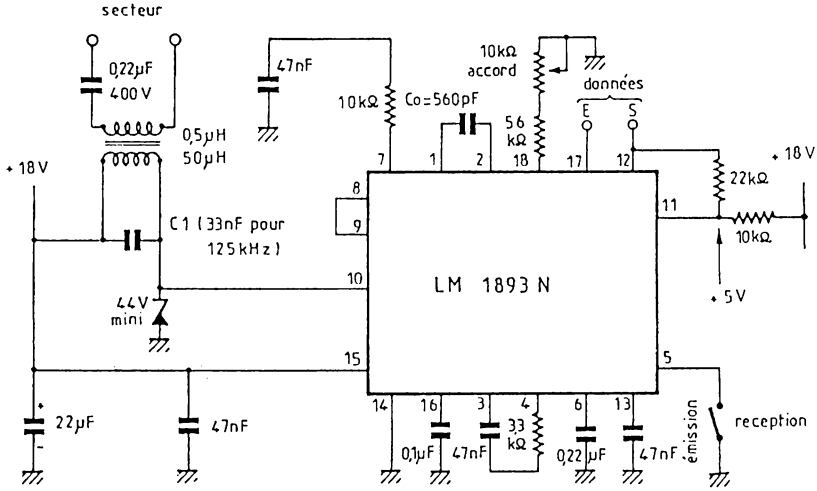


Fig. 7-6. — Un émetteur-récepteur secteur "haut de gamme"

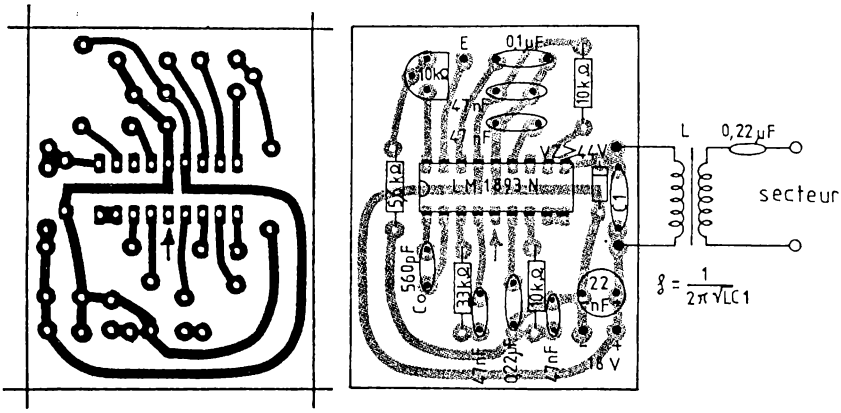


Fig. 7-7 et 7-8. — Réalisation pratique de l'émetteur

NOMENCLATURE DE L'ÉMETTEUR

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
3,3 kΩ
5,6 kΩ
2 x 10 kΩ
pot. ajustable 10 kΩ

Condensateurs
560 pF (Co)
33 nF (C1)
4 x 47 nF
0,1 µF
0,22 µF
0,22 µF 400 V minimum
22 µF 25 V sorties radiales

Semiconducteurs
LM 1893 N (NS)
zener 44 V mini 1 W

Divers
transfo sur ferrite (voir texte)
alimentation 18 V (maxi 24 V)

Le bobinage d'adaptation à la ligne secteur doit être accordé sur la fréquence porteuse utilisée : pour 125 kHz avec C1 = 33 nF, on peut conseiller un enroulement de 50 µH et un de 0,5 µH.
La plupart des *pots ferrite* du commerce permettent d'obtenir des enroulements dont l'inductance est proportionnelle au *carré du nombre de spires.* Il suffit donc, lors de l'achat de faire préciser le cœfficient de proportionnalité ou *inductance spécifique* pour que le reste ne soit qu'un jeu d'enfant. Bien entendu, le pot sera choisi d'un type permettant un usage à la fréquence choisie !

Comme nous savons par expérience que nos lecteurs ne peuvent pas tous se procurer les mêmes pots, nous n'avons pas prévu la place du bobinage sur les circuits imprimés de l'émetteur (*figure 7-7*) ni du récepteur (*figure 7-9*) : cette pièce plus ou moins encombrante pourra donc être câblée à part, avec le condensateur "secteur" de 0,22 µF 400 V minimum. Un avantage

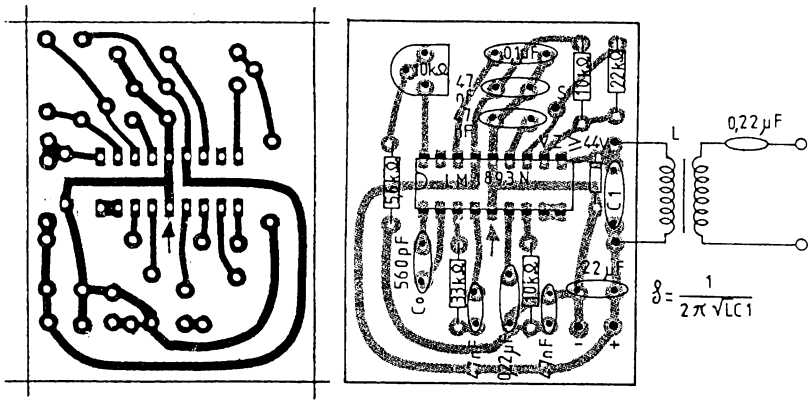


Fig. 7-9 et 7-10. — Réalisation pratique du récepteur.

NOMENCLATURE DU RÉCEPTEUR

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
3.3 kΩ
5.6 kΩ
2 x 10 kΩ
22 kΩ (récepteur)
pot. ajustable 10 kΩ

Condensateurs
560 pF (Co)
33 nF (C1)
4 x 47 nF
0.1 µF
0.22 µF
0.22 µF 400 V minimum
22 µF 25 V sorties radiales

Semiconducteurs
LM 1893 N (NS)
zener 44 V mini 1 W

Divers
transfo sur ferrite (voir texte)
alimentation 18 V (maxi 24 V)

supplémentaire de cette disposition est qu'aucune tension dangereuse ne se trouve ramenée sur le circuit imprimé. Alimentés impérativement sous 18 V (pas moins), ces deux montages permettent de réaliser une véritable *transmission de données* à bonne distance sur les fils du secteur. Il est donc tout indiqué de les associer aux modules *codeur* et *décodeur* numériques déjà utilisés, afin d'obtenir un ensemble de télécommande très sûr.

Il faudra donc câbler l'émetteur et le récepteur selon les plans des *figures 7-8 et 7-10,* puis le codeur et le décodeur selon les *figures 2-30 et 2-31*. Sur ces deux modules, on devra cependant *multiplier par dix* la valeur des condensateurs fixant la fréquence d'horloge du MM 53200 : comme lors de la transmission par ultrasons, le débit d'informations doit en effet être limité. On n'oubliera pas que le MM 53200 doit être alimenté sous 9 V seulement : il faudra prévoir un point milieu sur l'alimentation 18 V.

Bien entendu, ces deux montages peuvent être associés à toutes sortes de circuits de codage et de décodage : en fait, il suffit d'appliquer à l'entrée de l'émetteur un signal rectangulaire de fréquence assez faible et d'amplitude comprise entre 5 et 15 V pour retrouver les mêmes créneaux en sortie du récepteur, sous une amplitude de 5 V. De quoi résoudre bien des problèmes pratiques !

UNE TÉLÉCOMMANDE SUR "PAIRE"

Le principe des télécommandes "secteur" peut être appliqué à toutes sortes d'installations bifilaires ne véhiculant pas des tensions aussi "agressives" que le 220 V 50 Hz. Sur de tels circuits "à courant faible", on pourra se contenter de filtres plus sommaires (sans bobinages) pour injecter et récupérer des signaux de télécommande dont la "porteuse" pourra se situer plus bas en fréquence puisqu'il n'y a pas lieu de redouter un franchissement du compteur.

Des portées de plusieurs kilomètres pourraient théoriquement être obtenues avec une fréquence de 40 kHz, c'est-à-dire en utilisant le *modulateur* et le *démodulateur* décrits aux *figures 4-1 et 4-4,* et qui nous ont déjà souvent servi.

Ajoutons encore nos modules *codeur* et *décodeur*, et nous obtiendrons un système de télécommande très performant, pouvant être installé par simple mise en parallèle sur un câblage existant. La fréquence de 40 kHz est inaudible, et il est possible de l'injecter à un niveau suffisamment faible pour que l'opération ne risque pas de perturber l'installation principale (téléphone, interphone, système de sonorisation, centrale d'alarme, réseau de sonnerie, etc.)

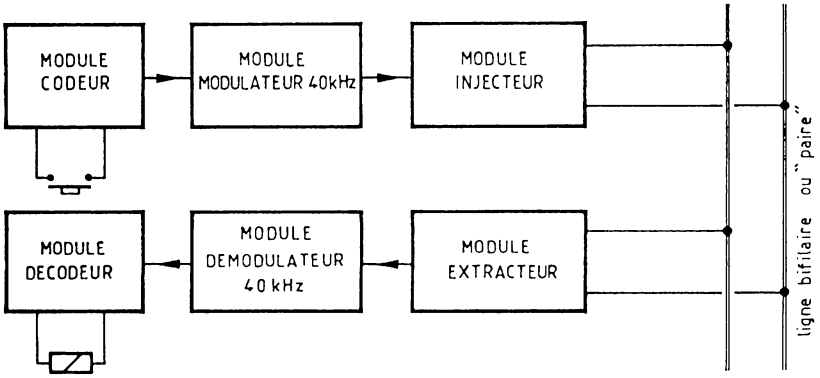


Fig. 7-11. — Comment utiliser toutes sortes de "paires"

La *figure 7-11* résume l'architecture du système retenu : on retrouve les modules déjà utilisés par ailleurs, mais deux nouveaux circuits font leur apparition. Un *module injecteur* superpose le signal à 40 kHz aux courants déjà présents en ligne, tout en évitant que ceux-ci ne viennent perturber le

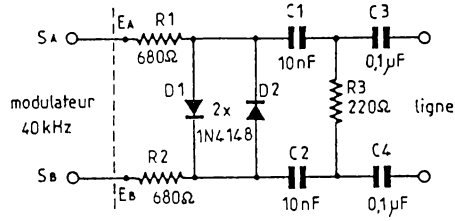


Fig. 7-12. — Un injecteur de signal

circuit modulateur (protection 250 V 50 Hz). Un *module extracteur* sépare l'information utile des autres signaux véhiculés par la ligne, sans toutefois procéder à une quelconque amplification (c'est le rôle du circuit démodulateur). Ces deux modules font appel à des circuits entièrement *passifs,* et n'exigent donc aucune alimentation : il s'agit en fait essentiellement de *filtres passe-haut* et de *limiteurs.*

Le schéma de *l'injecteur* apparaît à la *figure 7-12* : la puissance émise est calibrée par deux résistances, et deux diodes tête-bêche protègent le modulateur contre toute surtension. Deux condensateurs de 10 nF laissent passer très facilement les signaux à 40 kHz, mais opposent une impédance non négligeable à d'éventuels courants de basse fréquence.

Le filtrage principal est cependant confié à la cellule C3-R3-C4 : ces composants sont calculés de façon à ce qu'une tension de 220 V 50 Hz en ligne reste inoffensive pour les circuits placés en amont. N'en déduisons pas que ce module peut injecter ses signaux sur les fils du secteur : la puissance qu'il délivre est très insuffisante pour cela.

Le schéma de *l'extracteur (figure 7-13)* comporte le même réseau de filtrage, seul le circuit de liaison vers le démodulateur étant différent (condensateur C9, de valeur adaptée à l'impédance d'entrée du démodulateur).

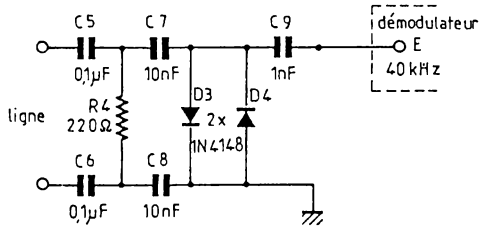


Fig. 7-13. — Un extracteur de signal

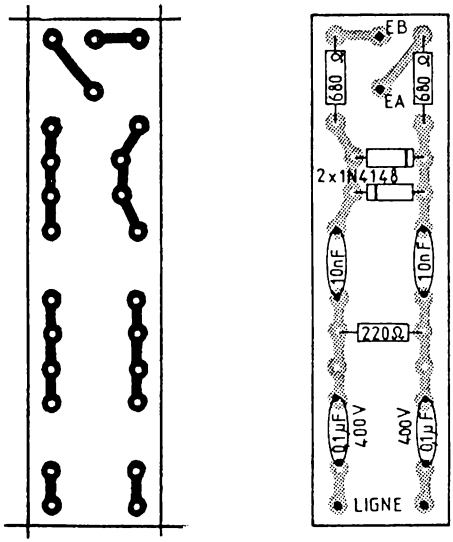


Fig. 7-14 et 7-15. — Réalisation pratique de l'injecteur

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
220 Ω
2 x 680 Ω

Condensateurs
2 x 0,1 µF
2 x 10 nF

Semiconducteurs
2 x 1N 4148

Divers
modulateur et codeur

Les deux modules se câblent sur des petits circuits imprimés dont les *figures 7-14 et 7-16* donnent le tracé.

Lors de l'implantation selon les *figures 7-15 et 7-17,* on veillera à respecter les tensions de service prévues pour les condensateurs directement connectés en ligne : dans certains cas, elles pourront paraître excessives, mais c'est une question de sécurité : toutes les lignes susceptibles de nous servir peuvent un jour entrer accidentellement en contact avec le secteur. N'oublions pas non plus que les lignes téléphoniques, par exemple, véhiculent régulièrement du 80 V 50 Hz.

Une fois câblés, ces modules pourront être incorporés dans le système selon le synoptique de la *figure 7-11.*

Pour les premiers essais, il est facile de relier directement entre eux les accès "ligne" des deux modules, quitte à ajouter en parallèle une résistance

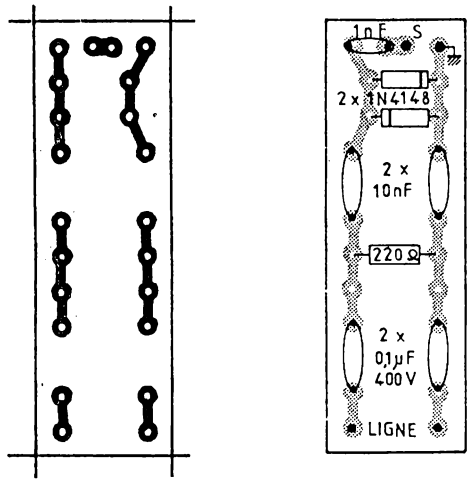


Fig. 7-16 et 7-17. — Réalisation pratique de l'extracteur

NOMENCLATURE

Résistances
(5 %1/4 W sauf mention contraire)
220 Ω

Condensateurs
1 nF
2 x 10 nF
2 x 0,1 µF

Semiconducteurs
2 x 1N 4148

Divers
démodulateur et décodeur

de quelques ohms pour vérifier que puissance d'émission et sensibilité de réception sont bien là. Pour l'utilisation réelle, il suffit de brancher *ensemble émetteur* (ou TX) et *ensemble récepteur* (RX) en deux points quelconques d'une même ligne bifilaire.

La longueur de cette paire n'a pas grande importance : quelques mètres en appartement, quelques centaines de mètres dans une grande propriété, ou quelques kilomètres si l'on ose se servir d'une ligne téléphonique sur laquelle on peut se brancher en deux points différents.

La *figure 7-18* donne quelques exemples des vastes possibilités du système : le plus simple consiste bien sûr à utiliser un émetteur associé à un seul récepteur. On peut cependant prévoir plusieurs récepteurs déclenchés par un seul émetteur, ou encore un unique récepteur commandé par plusieurs émetteurs placés en des endroits différents.

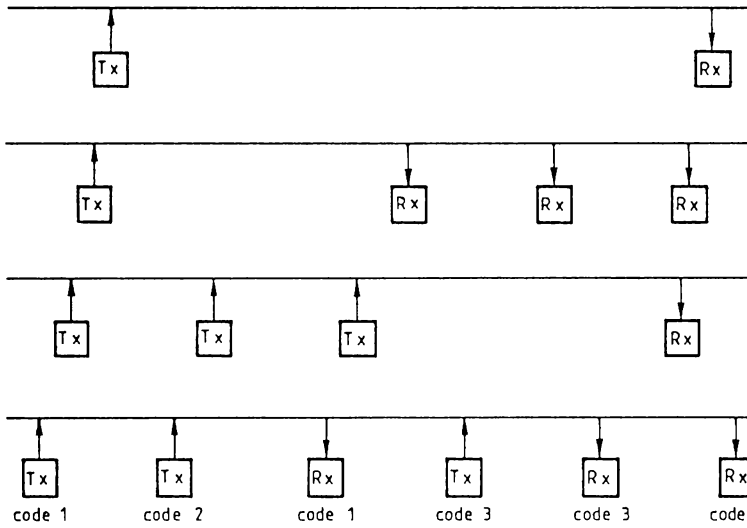


Fig. 7-18. — Quelques exemples d'applications

Enfin, la même ligne peut accueillir plusieurs couples émetteur-récepteur utilisant des codes différents : il suffira que l'usage du système soit suffisamment occasionnel pour qu'il ne se créé pas de "conflits" entre les messages.

Dans une telle configuration, les messages peuvent évidemment circuler en ligne dans les deux sens (appel et réponse) : un "canal" peut être utilisé pour transmettre une information de sonnerie, un autre pour commander une gâche électrique ou une porte automatique, le tout sur un circuit servant d'origine pour le téléphone ! Dans une installation d'alarme , le même circuit pourra servir à véhiculer les signaux de détection et les ordres de déclenchement des sirènes.

Eventuellement, un même "modulateur 40 kHz" peut attaquer plusieurs lignes différentes à l'aide de plusieurs "injecteurs" : de quoi rentabiliser au maximum les lignes que tout amateur électronicien installe si volontiers chez lui ! N'hésitez pas à recenser toutes les lignes bifilaires dont vous disposez déjà : de nombreuses opportunités de télécommandes s'offrent certainement à vous !

UNE TÉLÉCOMMANDE SECTEUR "MINIMUM"

La plupart des systèmes de télécommande par les fils du secteur font appel à la superposition de signaux HF sur le 220 V 50 Hz. Il en résulte une certaine complexité des montages, tout spécialement côté réception, où des composants sélectifs sont indispensables (bobinages accordés, filtres céramique, etc). Le coût de la réalisation élimine d'office certaines applications pourtant séduisantes, que nous allons tenter de "sauver" avec un procédé de télécommande très particulier !

Donnons-nous donc d'abord la peine de réfléchir un peu aux caractéristiques des systèmes les plus courants. La plupart du temps, on fait appel à une télécommande secteur lorsque l'on ne souhaite pas passer des fils supplémentaires dans une installation existante. La nature même du support de transmission utilisé réduit le domaine d'application de tels systèmes à des installations fixes ou semi-fixes (pouvant être déplacées d'une prise à une autre).

Les autres procédés de télécommande (radio, infrarouges, ultrasons) servent plutôt dans les cas où soit l'émetteur soit le récepteur, soit les deux sont mobiles. L'avantage du procédé "HF" est que le branchement de l'émetteur comme du récepteur s'effectue en parallèle sur l'installation existante, et donc sans modification. Rien n'empêche cependant de songer à un montage *série,* guère plus difficile à installer, et dont les avantages ne sont pas négligeables.

Nous baserons notre étude sur un problème pratique qui, vérification faite, est rencontré par bien des bricoleurs en électricité. Entre deux points d'une même installation pouvant être éloignés de quelques mètres à quelques centaines de mètres, il n'existe qu'une ligne de deux fils desservant soit une prise de courant, soit un point d'éclairage. La modification souhaitée consiste à installer en bout de ligne à la fois une prise de courant et un ou deux points d'éclairage pouvant être commandés depuis l'autre extrémité, sans pour autant désalimenter la prise.

Pour diverses raisons (longueur de la ligne, saturation des tubes, canalisations inaccessibles, pose de nouveaux tubes à proscrire, etc.), il ne peut être envisagé de poser ne fut-ce qu'un fil supplémentaire.

Quelques exemples :

— Dans une salle de bains existe un point lumineux commandé par un interrupteur extérieur. On souhaite ajouter un second éclairage commandé séparément, et une prise de courant pour rasoir, alimentée même si les deux éclairages sont éteints.

— Une cabane à outils est installée tout au fond du jardin, et desservie par une ligne 220 volts. Sans interrompre cette alimentation qui sert par exemple à recharger la batterie d'un outil de jardinage la nuit, on souhaite pouvoir commander depuis la maison l'éclairage intérieur de la cabane, et un point lumineux extérieur, de façon indépendante.

— Un éclairage de portail est commandé par un interrupteur situé dans la maison, par l'intermédiaire d'une ligne de deux fils. On souhaite en plus disposer un éclairage permanent de faible puissance, mais conserver la commande manuelle de l'éclairage fort.

Dans tous ces cas, la ligne ne sert qu'à l'alimentation des équipements en cause, ce qui permet d'envisager un dispositif de télécommande monté en série. Nous supposerons également qu'une connexion de terre est disponible aux deux extrémités de la ligne, qu'il s'agisse d'un fil de l'installation ou d'un piquet planté dans le sol.

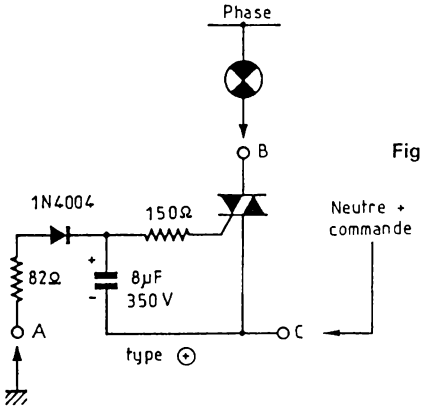


Fig. 7-19. — Récepteur "série" de "type +"

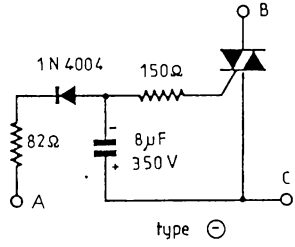


Fig. 7-20. — Récepteur "série" de "type —"

Si ces diverses conditions sont remplies, alors une solution tout à fait originale peut être utilisée. La *figure 7-19* fournit le schéma du *récepteur* de télécommande que nous vous proposons de réaliser : simple, n'est-ce pas ? A la *figure 7-20* apparaît une variante, qui ne diffère que par la polarité de la diode et du condensateur chimique. Pour comprendre le principe du système, il faut se reporter à la *figure 7-21,* qui donne à la fois le schéma de l'émetteur et celui de l'interconnexion générale.

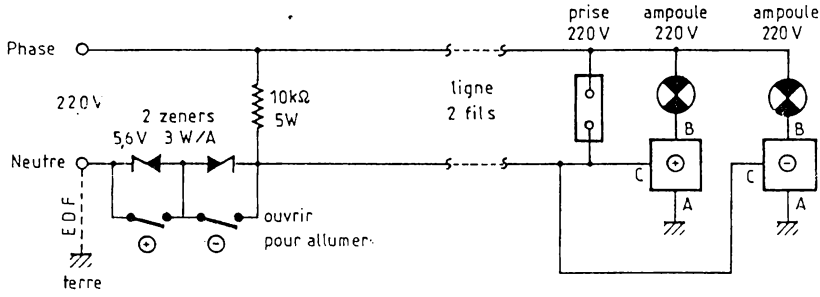


Fig. 7-21. — Principe général du système

Tout le principe de ce montage réside dans le fait que, dans le réseau basse tension français, le fil de neutre est relié à la terre dans le poste de distribution. Si vous êtes encore alimenté "entre deux phases" ou si vous dépendez d'un poste privé n'obéissant pas à ce "régime du neutre", ne lisez pas la suite, vous ne pourrez rien en tirer. Avec un voltmètre alternatif dont l'un des fils sera relié à une *vraie* prise de terre, "sondez" tour à tour les deux fils de la prise de courant la plus proche : l'un d'eux doit mener à une déviation d'environ 220 volts, l'autre ne doit entraîner qu'une lecture insignifiante (en tout cas moins de 2 volts, sinon il y a un problème quelque part !).

Notre *émetteur* de télécommande de base consiste en une simple *diode zener* placée en série dans le fil du neutre. Sur l'une des deux alternances secteur (selon son sens de branchement), elle introduira une chute de tension de 5,6 volts, bien insuffisante pour perturber les appareils alimentés, mais très capable de faire conduire le triac du *récepteur* monté à l'autre bout de la ligne !

Pour faire cesser cette conduction, il suffit de court-circuiter cette diode... Explication détaillée à la *figure 7-22 !* Attention toutefois à la puissance que devra dissiper cette diode : il faut prévoir *au minimum* 3 watts par ampère circulant en ligne *au total.* En comptant 2 % de la puissance installée maximum, la marge de sécurité est confortable.

Avec une zener courante de 1 watt, il faudra se limiter à des équipements d'éclairage de 40 à 60 watts au total, ce qui est souvent suffisant. Au-delà, on pensera à équiper la diode d'un refroidisseur. Le schéma de la *figure 7-21* fait apparaître *deux* zeners montées en série, mais tête-bêche : cette disposition permet la commande indépendante de deux récepteurs *(figures 7-19 et 7-20).*

La résistance de 10 kΩ 5 W sert à permettre le fonctionnement de l'émetteur, même en l'absence totale de consommation en bout de ligne.

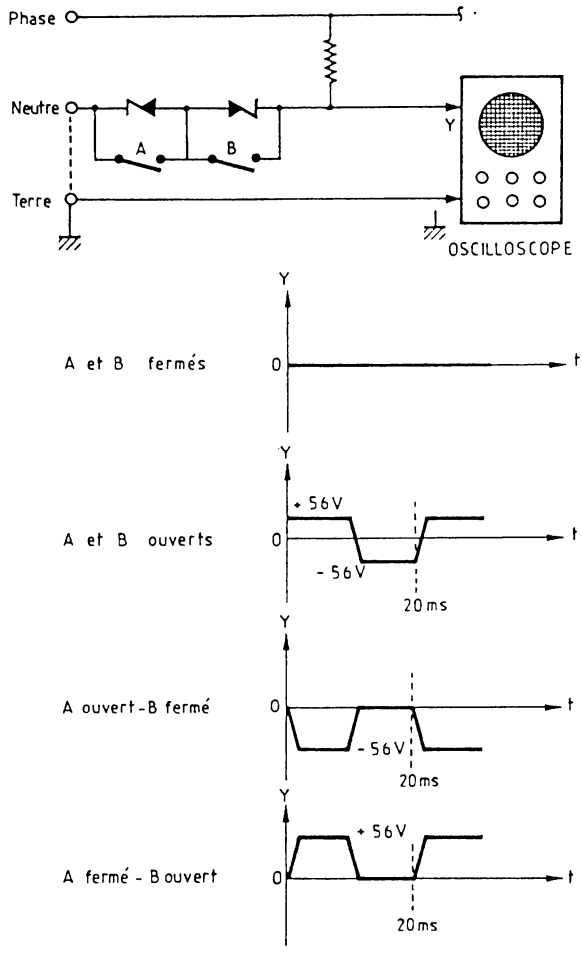


Fig. 7-22. — Pour ceux qui ne croient que ce qu'ils voient !

Occupons-nous maintenant de la réalisation pratique de ces deux montages. Pas de circuit imprimé pour l'émetteur, un montage aussi simple pouvant être câblé sur de simples dominos d'électricien et logé dans un tableau quelconque de l'installation (prévoir une ventilation naturelle au-delà de 5 watts par zener).

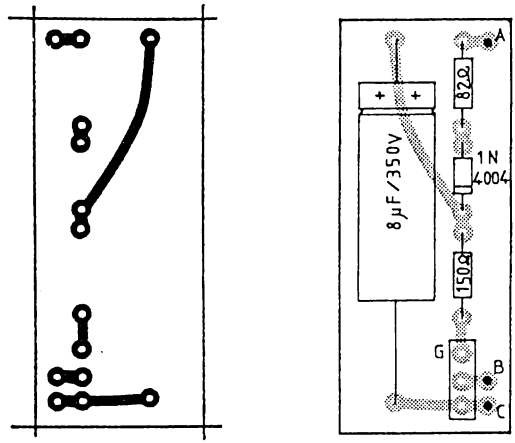


Fig. 7-23 et 7-24. — Réalisation pratique du récepteur

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
10 kΩ 5 W
82 Ω
150 Ω

Condensateurs
8 µF 350 V

Semiconducteurs
1N 4004
diode zener
(voir texte)
triac sensible 400 V

Divers
interrupteurs selon besoins

La *figure 7-23* donne un tracé de circuit imprimé étudié en vue d'accueillir tous les composants d'un récepteur modèle + *(figure 7-19)*. Pour le type - *(figure 7-20)*, il suffit de retourner la diode et le condensateur, par rapport à la *figure 7-24*.

Un modèle 8 µF 350 V a été retenu bien qu'en principe la tension à ses bornes ne dépasse guère 6 volts, mais pouvez-vous jurer, ami lecteur, qu'en aucun cas vous ne confondrez phase et neutre, même au cours de vos premiers essais ? Si la réponse est oui, alors vous pourrez gagner facilement 50 % d'encombrement, mais... sous votre entière responsabilité ! De toute façon, soyez extrêmement prudent, le secteur est partout présent dans ce montage, ce qui n'est pas sans danger : un homme averti en vaut deux ! Vous aurez tout intérêt à mener vos premiers essais sur table, avant de passer à l'adaptation d'un tronçon de votre installation électrique dont le schéma d'origine sera voisin de l'un des exemples de la *figure 7-25*.

Pour le bon fonctionnement du système, il est impératif qu'une connexion de terre de bonne qualité soit disponible côté récepteur : à vérifier avant

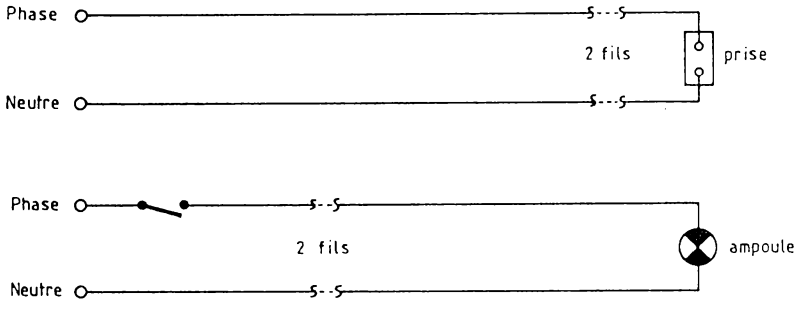


Fig. 7-25. — Points de départ possibles de notre installation

toute installation. Il est avantageux de choisir des triacs de bonne qualité, dits *sensibles* (à faible courant de gâchette). A la rigueur, la valeur de la résistance de gâchette peut être ajustée, mais cela ne fera jamais conduire correctement un triac "au rabais" ; si votre ampoule "scintille", le diagnostic est alors sans appel : changez de fournisseur ou de référence de triac ! Il est évidemment inutile et même nuisible d'employer un triac de 10 ou 15 ampères si vous ne commandez qu'une ampoule de 40 watts, mais la plupart des triacs 5 à 8 ampères de bonne qualité conviennent à ce montage.

Ce montage est certainement ce que l'on peut trouver de meilleur marché dans le domaine des télécommandes secteur ! En revanche, il ne pourra pas résoudre n'importe quel problème : pas question de lui faire commander un radiateur électrique de 2 000 watts... Ce procédé peut cependant apporter une solution élégante à beaucoup de projets d'extension d'installations électriques de petite puissance, notamment lorsque aucun fil nouveau ne peut être ajouté.

CHAPITRE 8

TÉLÉCOMMANDES PAR TÉLÉPHONE

Malgré la prolifération des "services nouveaux" et des applications "télématiques", bien des abonnés au téléphone ne soupçonnent guère les possibilités latentes de leur ligne ! Il est évident qu'un chapitre ne saurait suffire pour traiter ce vaste sujet : nous lui avons consacré un ouvrage entier chez le même éditeur...

Nous allons seulement montrer comment des montages électroniques raisonnablement simples permettent d'utiliser un réseau téléphonique "commuté" pour transmettre des ordres de télécommande sans limitation de distance.

Précisons que ces montages, facilement réalisables par nos lecteurs, ne seront pas agréés P.T.T. : *il n'est pas plus légal de les raccorder au réseau que de se servir des millions de téléphones d'importation qui étaient encore en vente libre il n'y a pas si longtemps... Evidemment, le problème ne se pose pas sur les réseaux privés.*

LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL

Chaque abonné au téléphone de France est directement relié par deux fils à ce qui a été qualifié de "plus énorme machine jamais construite par l'homme" : le réseau commuté mondial. Quelques chiffres composés au cadran ou au clavier suffisent pour qu'en quelques secondes se trouve établie une liaison "audio" (300 à 3400 Hz) avec à peu près n'importe quel point du globe, voitures et navires compris ! Un vaste réseau de *cabines publiques* permet de n'être jamais loin d'un point d'accès au téléphone.

La modernisation du réseau aidant, de plus en plus de postes sont équipés de clavier de type "multifréquences", ce qui facilite encore les opérations de télécommande. Taxées à la durée, les communications automatiques ne coûtent pas cher lorsque quelques secondes suffisent pour faire aboutir une action de commande à distance et pour en vérifier l'exécution.

NOTIONS DE TÉLÉPHONIE

Bien que pouvant être classés dans la catégorie des équipements électroniques, les matériels téléphoniques occupent une place un peu à part : une ligne téléphonique présente des caractéristiques très particulières, dont il faut tenir le plus grand compte lors de l'étude d'un montage devant y être raccordé. Des bricolages hasardeux sont susceptibles d'introduire de sérieuses perturbations sur le réseau, voire même de causer des accidents : prudence donc !

Au repos, une ligne téléphonique présente, entre ses deux fils, une tension continue de 48 à 50 volts, dont l'un des pôles est relié à la terre. Pour faire sonner le poste, le central peut *superposer* une tension alternative d'environ 80 V 50 Hz à cette alimentation continue. Un simple condensateur permet de séparer ces deux tensions lorsque cela est nécessaire.

Lorsqu'on décroche le poste (ou lorsqu'un système automatique "prend" la ligne), un circuit approprié consomme un courant de 35 mA environ sur la ligne : un relais colle au central, et la ligne se trouve classée "occupée". Si ce décrochage survient alors que le téléphone sonne, alors la communication se trouve établie et la taxation commence. Dans le cas contraire, la tonalité "d'invitation à numéroter" (440 Hz) doit être obtenue. Elle se transforme en "occupation" si aucun numéro n'a été composé dans les vingt secondes (ligne classée "en faux appel").

Pour numéroter, il faut utiliser un cadran ou un clavier : le cadran rotatif fonctionne par brèves coupures du courant "de boucle" de 35 mA, avec un "rapport cyclique" de 33/66 ms, c'est-à-dire à une fréquence de 10 Hz. A chaque chiffre composé correspond un nombre égal de coupures, sauf pour le "zéro" qui correspond à dix impulsions. Certains claviers, dits "décimaux", reproduisent tout simplement ce fonctionnement.

Les claviers les plus modernes sont cependant du type "multifréquences", "DTMF", ou "fréquences vocales" : à chaque touche correspond une *paire de fréquences,* comme cela a été expliqué au *chapitre 2.* Contrairement aux impulsions décimales, ces signaux "clavier" peuvent être reçus par votre correspondant si vous actionnez le clavier en cours de communication. On peut ainsi faire l'économie d'un *boîtier à couplage acoustique* pour bien des applications dans le domaine de la télécommande.

Ces claviers sont en cours de généralisation : lorsque tous les centraux seront de type "électronique", tous les abonnés pourront en bénéficier. A terme, on peut prévoir l'abandon pur et simple du code "décimal", largement moins performant.

Lorsque la communication est enfin établie, il faut que l'injection et le prélèvement de signaux sur la ligne se fasse sous une impédance de 600 Ω, avec une puissance largement inférieure au milliwatt, et dans la bande 300-3400 Hz. La ligne doit être *isolée galvaniquement* des circuits qui lui sont raccordés.

UNE TÉLÉCOMMANDE TÉLÉPHONIQUE "CLÉ EN MAIN"

Certains de nos lecteurs pouvant fort bien ne pas se sentir encore prêts à manipuler par eux-mêmes sur les lignes téléphoniques, nous commencerons ce chapitre par un montage prêt à l'emploi : facile à construire et à régler, il peut être branché directement sur les broches 1 et 3 d'une prise téléphonique standard (conjoncteur).

Alimenté par piles, il ne présente aucun danger potentiel mais, rappelons-le, il n'est pas agréé pour un usage sur le réseau des PTT : nos lecteurs devront prendre leurs responsabilités le cas échéant.

Nous proposons ici de construire un système permettant, à partir d'un poste téléphonique quelconque du réseau national ou international, de commander la mise "en" ou "hors" service d'un équipement situé à un domicile principal ou secondaire, et avec possibilité de vérification de la bonne exécution de l'ordre donné. L'équipement peut être un système de chauffage, un répondeur téléphonique, un magnétoscope, un système d'alarme ou de surveillance, un éclairage, la liste n'étant pas limitative, tant s'en faut !

L'on s'est fixé, lors de cette étude, un cahier des charges assez sévère, imposé en fait par le cas d'utilisation personnelle de l'auteur. En voici les traits dominants :

— Appareil totalement autonome, n'exigeant ni raccordement au secteur, ni prélèvement de courant sur la ligne téléphonique, ni batterie de forte capacité. En d'autres termes, consommation rigoureusement nulle en mode "veille", et très faible en mode "traitement d'appel".

— Sécurité totale, excluant tout risque de déclenchement intempestif à la suite de n'importe quelle séquence d'appels. Cela exclut, en particulier, le principe souvent utilisé du comptage des coups de sonnerie, à moins d'un décodage relativement complexe.

— Faible encombrement et coût réduit.

— Possibilité de test du bon fonctionnement de l'appareil (état des piles notamment) sans obligation de transmission d'ordre.

On a pour cela choisi la solution consistant à utiliser une sorte de répondeur, complété d'un décodeur de tonalité, en liaison avec un boîtier portatif fonctionnant par couplage acoustique avec n'importe quel poste téléphonique. Bien entendu, un clavier "DTMF" pourra aussi être utilisé !

La *figure 8-1* reproduit le schéma du récepteur de télécommande, le boîtier codeur pouvant être réalisé d'après la *figure 2-1*.

Supposons donc que nous appelions le système à partir d'un poste quelconque : le central envoie une tension de sonnerie, qui franchit sans difficulté le condensateur de 0,22 μF et se retrouve, réduite à une dizaine de volts, au secondaire du transformateur de ligne (rapport 1 : 1, résistance des enroulements 100 à 200 Ω). Ecrêtée à + 5,6 V et redressée par un doubleur de tension, elle devient capable, après filtrage par un condensateur de

47 μF, de saturer le BC 107 destiné à faire "coller" le relais A. Ce relais s'auto-alimente, reliant ainsi le reste du montage à la pile de 12 V. Cette mise sous tension du montage est la seule action découlant de la réception d'un appel, qui n'entraîne aucune suite sur le plan télécommande proprement dit. D'ailleurs, au bout d'un peu plus d'une minute, le relaxateur à unijonction 2N 2646 amorce le thyristor TIC 47 qui, court-circuitant le relais A, remet tout le circuit en attente, ce qui efface toute trace de l'appel si aucun ordre de commande n'a été transmis. De façon, précisément, à permettre l'envoi d'un tel ordre, le comparateur TCA 335 A fait "coller" le relais B, qui "prend la ligne", vers la moitié du cycle de l'unijonction (38 secondes sur la maquette de l'auteur). Pendant un temps à peu près égal, donc, la liaison phonique est établie avec le demandeur, qui perçoit immédiatement une tonalité générée par le 555. Selon que le contact extérieur "d'accusé de réception" est ouvert ou fermé, cette tonalité sera soit aiguë, soit grave, ce qui peut, par exemple, servir à rendre compte de la marche ou de l'arrêt de l'équipement que l'on souhaite commander.

En même temps, la modulation présente en ligne est appliquée à un décodeur de tonalité construit autour d'un décodeur stéréo TCA 4500 A, dont les réglages ont été modifés de façon à ramener à 1600 Hz environ sa fréquence nominale de fonctionnement de 19 kHz. Par construction, ce circuit est pratiquement insensible à la parole ou à la musique, mais réagit très bien à la fréquence sur laquelle il est réglé.

On peut donc facilement commander à distance le collage du relais C dont le contact travail peut être utilisé à discrétion. Il est, bien sûr, souhaitable que l'organe commandé rende compte de son fonctionnement en faisant changer d'état le contact déterminant la fréquence de la tonalité de réception.

Lorsque l'ordre a ainsi été exécuté, il ne reste plus au demandeur qu'à raccrocher, le système automatique faisant de même dès la fin de son cycle de 38 secondes.

Notons que, dans des cas complexes, il est possible de faire suivre le montage d'un système comptant le nombre de collages du relais C, ouvrant ainsi la porte à des possibilités de commande de plusieurs équipements distincts. De même, le 555 "d'accusé de réception" peut produire autant de tonalités différentes que de valeurs prévues pour son condensateur (attention cependant à rester éloigné de la fréquence du décodeur de tonalité !).

Le circuit imprimé de la *figure 8-2* accueille tous les composants du montage selon le plan de la *figure 8-3*. Le relais utilisé en trois exemplaires est un HT-C-DC-9V de marque NATIONAL, tandis que le transformateur de ligne est un TRSS 3 AUDAX ou équivalent (rapport 1/1). On ajustera la valeur des deux résistances de 3 W en fonction de la résistance du primaire du transformateur, de façon à obtenir un courant de ligne (en mode "décroché") égal à celui circulant normalement dans un poste téléphonique (généralement 35 mA).

A cela près, la mise au point consiste à régler conjointement les résistances ajustables de l'émetteur et du récepteur de façon à caler les deux circuits sur la même fréquence, voisine de 1 600 Hz (le point test prévu sur le récepteur permet le contrôle oscilloscopique de cette valeur).

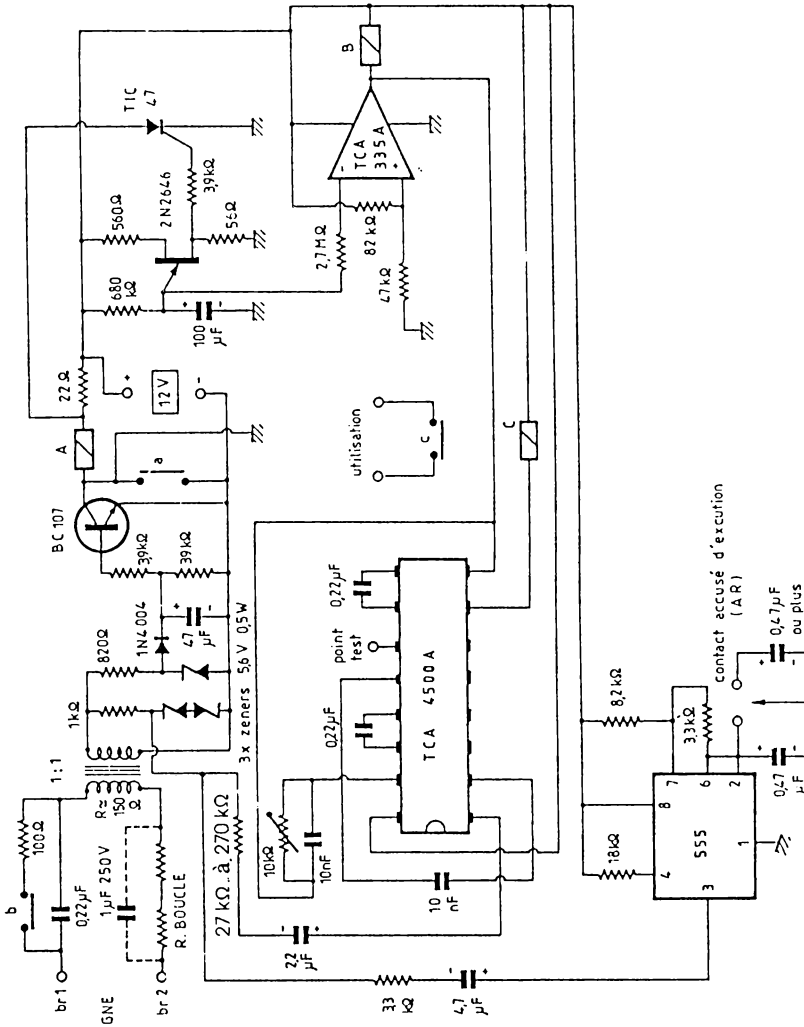


Fig. 8-1. — Une télécommande téléphonique "clé en main"

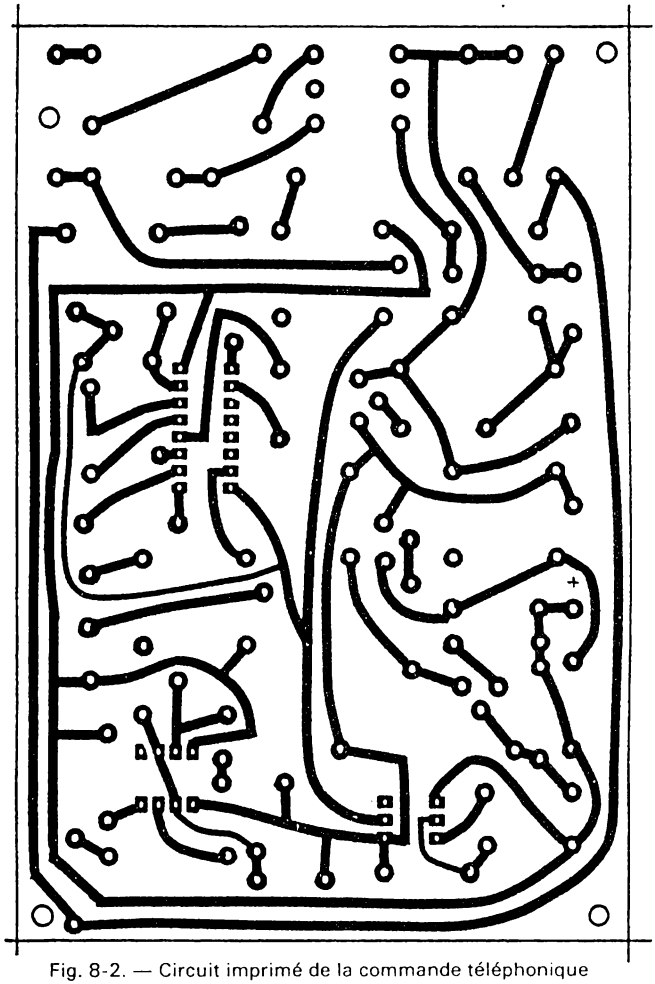


Fig. 8-2. — Circuit imprimé de la commande téléphonique

NOMENCLATURE

Résistances	*2 x 3,9 kΩ*
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)	*8,2 kΩ*
R boucle (voir texte)	*39 kΩ*
56 Ω	*47 kΩ*
82 Ω	*18 kΩ*
100 Ω	*82 kΩ*
560 Ω	*270 kΩ*
820 Ω	*680 kΩ*
1 kΩ	*2,7 MΩ*
3,3 kΩ	*pot. ajustable 10 kΩ multitours*

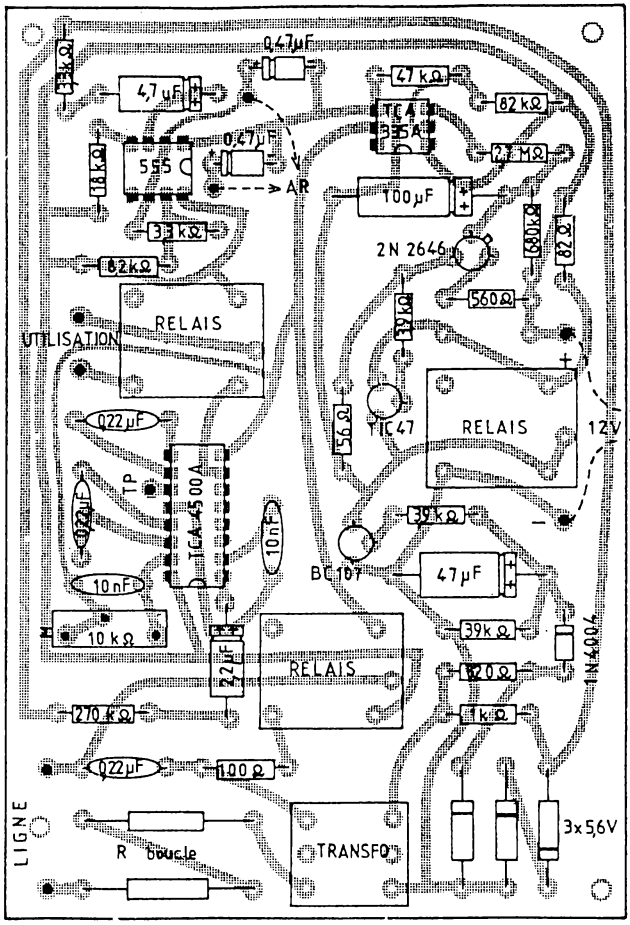


Fig. 8-3. — Câblage de la commande téléphonique

Condensateurs	*Semiconducteurs*	
10 nF	*TCA 4500 A SIEMENS*	
10 nF	*TCA 335 A SIEMENS*	
3 x 0,22 µF	*LM 555*	
2 x 0,47 µF 16 V	*2N 2646 ou 2N 2647*	***Divers***
2,2 µF 16 V	*TIC 47 ou similaire*	*transfo de ligne (TRSS 3 AUDAX)*
4,7 µF 16 V	*BC 107 ou similaire*	*3 x relais 9 V 1 inverseur (voir texte)*
47 µF 16 V	*1N 4004*	*alimentation 12 V*
100 µF 16 V	*3 x zener 5,6 V 0,5 W*	*facultatif condensateur 1 µF 250 V*

Le montage récepteur est prévu pour être raccordé en parallèle sur un poste téléphonique, branchement qui est grandement facilité par l'existence dans le commerce de conjoncteurs combinés mâle-femelle, analogues à ceux équipant les répondeurs. L'alimentation est prévue au moyen de trois piles plates de 4,5 V ou de toute autre alimentation disponible délivrant entre 12 et 14 V sous 100 mA.

Il a semblé commode, dans la majorité des cas simples, de faire agir le montage sur un télérupteur commandant la charge utilisatrice. Un petit relais alimenté en même temps fournira la fermeture de contact nécessaire à l'envoi de l'accusé de réception. Il sera alors facile, par un simple appel téléphonique de quelques secondes, de savoir si la charge est sous tension ou non, et de modifier cet état de choses, grâce au boîtier de télécommande.

UN MODULE UNIVERSEL D'INTERFACE TÉLÉPHONIQUE

Nos lecteurs les plus hardis souhaiteront sans doute procéder à diverses tentatives de télécommande par téléphone adaptées à leur cas particulier, en profitant des différents modules décrits par ailleurs dans ce livre. Nous espérons faciliter leurs travaux en décrivant ce module d'interface destiné à prendre en charge toutes les contraintes liées aux caractéristiques des lignes téléphoniques : le reste des montages pourra faire appel aux techniques habituelles de l'électronique.

Réalisée strictement en accord avec le schéma de la *figure 8-4,* cette carte offre les avantages suivants :

— isolement galvanique total de la ligne,
— régulation automatique du courant de boucle à 35 mA,
— respect de l'impédance de 600 Ω,
— limitation de la puissance à 1 mW,
— information de sonnerie "tout ou rien" flottante,
— relais de "prise de ligne" à faible consommation,
— sortie "audio" flottante par rapport à la masse,
— voyants de contrôle des états de la ligne,
— compatibilité avec les postes PTT (même fiche).

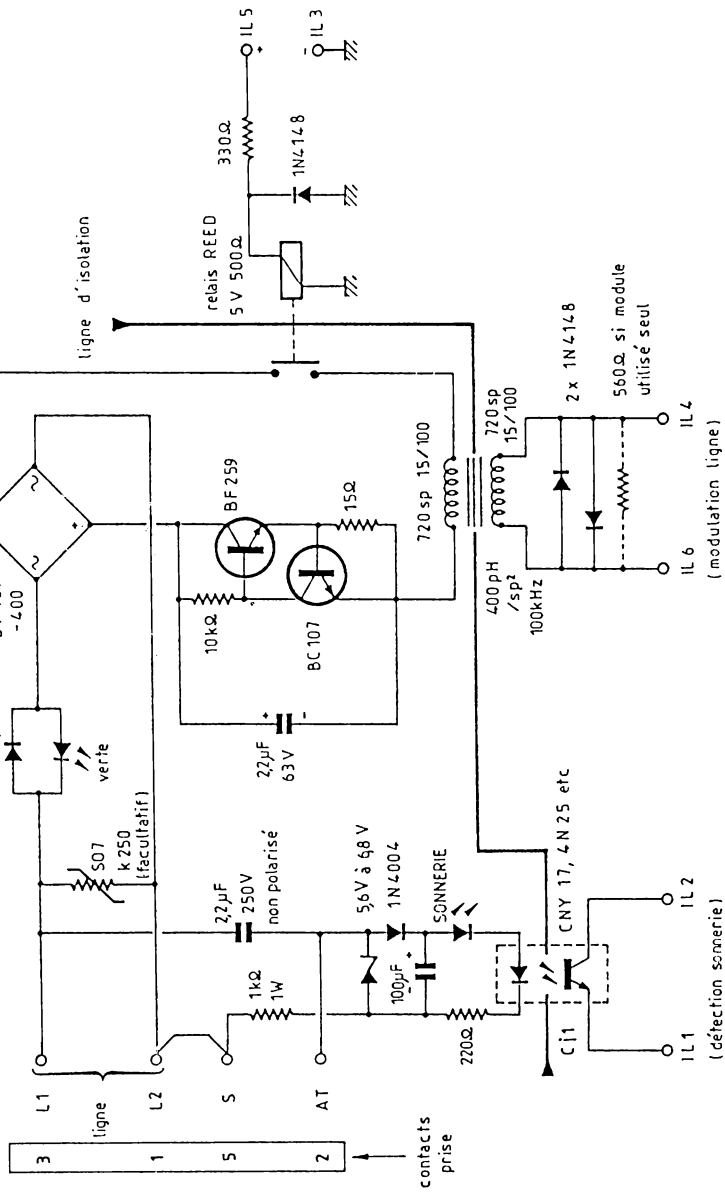


Fig. 8-4. — Schéma de principe de l'interface de ligne

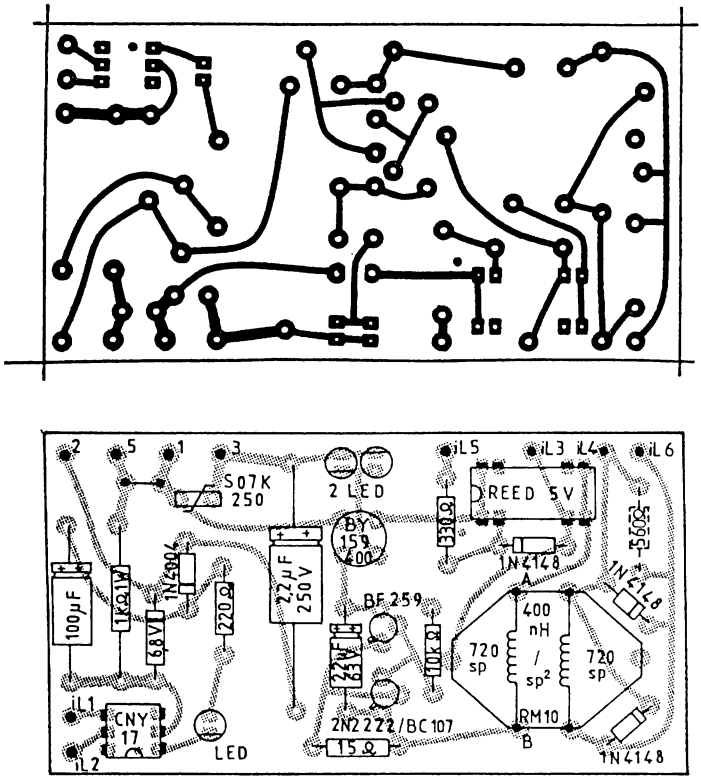


Fig. 8-5 et 8-6. — Réalisation pratique du module d'interface

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
1 kΩ 1 W
220 Ω
10 kΩ
15 Ω
330 Ω
560 Ω

Condensateurs
2,2 µF 250 V plastique
100 µF 10 V
2,2 µF 63 V chimique

Semiconducteurs
varistance S07K250 SIEMENS
(facultatif)
pont redresseur genre BY 159-400
2 diodes LED rouges
1 diode LED verte
zener 5,6 à 6,8 V
1N 4004
3 x 1N 4148
BF 259
BC 107
CNY 17 ou 4N25 (photocoupleur)

Divers
relais REED 5 V 500 Ω DIL
transfo à réaliser (voir texte)

La *figure 8-5* donne le tracé du circuit imprimé nécessaire au câblage de la carte selon la *figure 8-6*. Le transformateur spécial sera réalisé en bobinant deux fois 720 spires de fil émaillé 10 à 15/100 dans un pot ferrite de dimension RM 10 et d'inductance spécifique 250 à 400 nH/sp^2,capable de fonctionner entre 300 et 3400 Hz. Il s'agit là d'un modèle courant dans toutes les marques, mais en cas d'impossibilité, on pourra à l'extrême rigueur utiliser le TRSS3 AUDAX.

Lorsque la ligne véhicule une tension de sonnerie, les points IL1 et IL2 se trouvent réunis par le photocoupleur. Pour "prendre la ligne" (décrocher), il faut appliquer une tension de 9 à 12 V entre IL3 et IL5 : le prélèvement ou l'injection de signaux audio peut alors se faire entre IL4 et IL6, sous 600 Ω.

DEUX CIRCUITS DE RÉPONSE AUTOMATIQUE

La plupart du temps, ce module sera associé à un récepteur de télécommande situé dans un local inhabité (résidence secondaire, par exemple). Il sera donc nécessaire de prévoir un automatisme capable de répondre aux appels en toute sécurité.

Le montage de la *figure 8-7* se raccorde aux points IL1,2, 3, et 5 du module d'interface, et à une pile 9 V : comme il ne consomme pratiquement rien en "veille", deux piles de 4,5 V pourront durer des mois.

Ce montage se contente de décrocher dès le premier coup de sonnerie, puis de raccrocher au bout d'un temps réglable par le potentiomètre ajustable. Pendant cette période, des signaux audio peuvent être reçus et/ou émis par les points IL4 et IL6 du module d'interface. Un branchement est prévu pour commander la mise en marche d'un magnétophone lecteur ou enregistreur si l'application le nécessite.

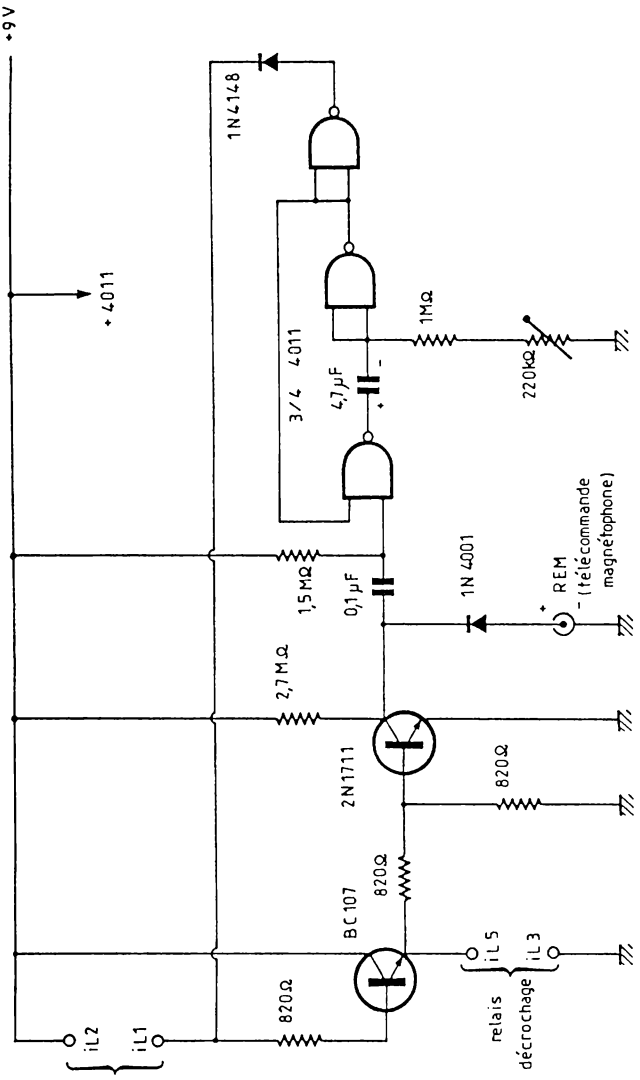
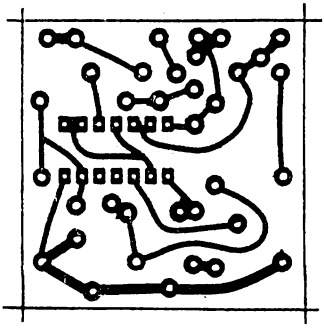


Fig. 8-7. — Petit circuit "répondeur automatique"



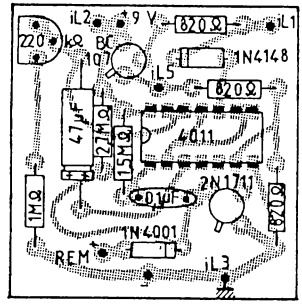


Fig. 8-8 et 8-9. — Réalisation pratique du module répondeur

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
3 x 820 Ω
220 kΩ (pot. ajustable)
1 M Ω
1,5 M Ω
2,7 M Ω

Condensateurs
0,1 µF
47 µF 10 V

Semiconducteurs
CD 4011 B
BC 107
2N 1711
1N 4001
1N 4148

Divers
alimentation 9 V

La *figure 8-8* reproduit le tracé du circuit imprimé qui sera équipé d'après la *figure 8-9.*

A la *figure 8-10,* nous abordons un montage plus évolué, capable d'attendre un certain nombre de coups de sonnerie avant de répondre : ainsi, les correspondants non initiés ne risqueront pas de déclencher le système, sauf s'ils insistent longtemps.

Trois résistances peuvent être ajustées dans une large gamme de valeurs pour régler les temporisations du montage. La seule règle à respecter est de garder R6 à peu près double de R2. Une sortie est également prévue pour la commande d'un magnétophone, si nécessaire.

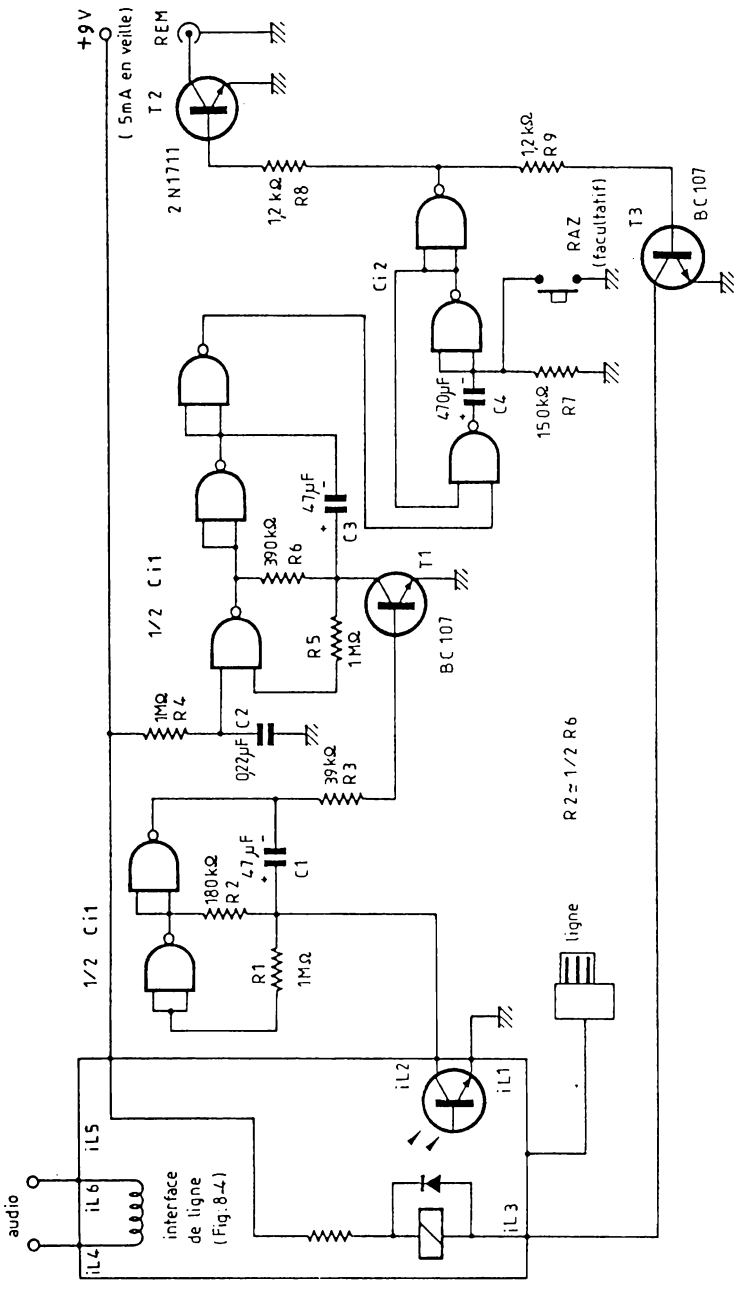
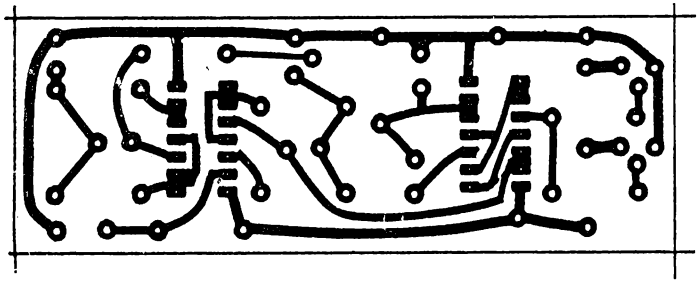


Fig. 8-10. — Un système de réponse automatique plus performant



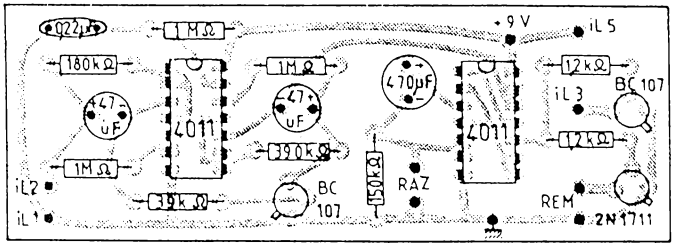


Fig. 8-11 et 8-12. — Réalisation pratique du répondeur "intelligent"

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
2 x 1,2 kΩ
39 kΩ
150 kΩ
180 kΩ
390 kΩ
3 x 1 M Ω

Condensateurs
0,22 µF
2 x 47 µF 10 V
470 µF 10 V

Semiconducteurs
2 x CD 4011 B
2 x BC 107 ou similaire
2N 1711

Divers
alimentation 9 V

Le câblage du circuit imprimé de la *figure 8-11* selon le plan de la *figure 8-12* ne pose pas de problème particulier : raccordé au module d'interface par les quatre mêmes points, et à une alimentation de 9 V, le montage doit fonctionner immédiatement, sans aucun réglage. Il consomme environ 5 mA en veille, ce qui peut nécessiter une alimentation d'une certaine capacité en cas de veille de longue durée.

DES POSSIBILITÉS QUASI ILLIMITÉES

Grâce à ces quelques modules, il est facile de concevoir des installations de télécommande très performantes, pouvant être actionnées d'à peu près n'importe quel point du monde.

En associant à ces modules le *décodeur multifréquences* de la *figure 2-19,* des ordres très fiables pourront être transmis depuis le clavier de beaucoup de postes téléphoniques modernes, y compris certaines cabines publiques, sans boîtier codeur. Selon les claviers, douze ou seize canaux distincts seront utilisables séparément, ce qui suffit amplement dans bien des cas !

CHAPITRE 9

TÉLÉCOMMANDES SUR VOIES "AUDIO"

DES VOIES DE COMMUNICATION "STANDARDS"

La plupart des systèmes de télécommande utilisent des équipements de transmission, avec ou sans fil, spécialement conçus pour cet usage. Parallèlement, les activités classiques de communication font appel à des artères de transmission "standardisées" : avec une bande passante de 300 à 3400 Hz, la parole est reproduite avec une bonne intelligibilité, mais on peut tout aussi bien transmettre des données informatiques (modems, MINITEL), des images fixes (télécopie, bélino), ou... des ordres de télécommande.

Il serait dommage de ne pas pouvoir utiliser nos montages *codeur* et *décodeur* du *chapitre 2* avec les voies de transmission "audio" courantes que sont, par exemple, les lignes téléphoniques et les liaisons radio (émetteurs-récepteurs "CB" ou autres).

Il va pour cela falloir utiliser des circuits analogues à ceux que l'on rencontre dans les *modems* informatiques, bien que notre module "codeur" de la *figure 2-25* puisse sembler délivrer un signal "audio" : branchons un écouteur à sa sortie ou écoutons sur un récepteur approprié l'émission de notre boîtier 27 MHz, et nous entendrons un bourdonnement parfaitement audible. Observons à l'oscilloscope le signal du codeur, et nous serons en présence de créneaux dont la période n'est pas inférieure à 1,5 ms (soit une fréquence de 666 Hz).

En fait, le problème vient de ce que le décodeur exige des signaux *parfaitement identiques* à ceux fournis par le codeur : des fronts arrondis ou un rapport cyclique altéré suffisent amplement à empêcher toute reconnaissance de l'ordre codé. La sécurité de la télécommande est à ce prix : une tolérance plus large sur la forme des signaux introduirait des risques de déclenchements intempestifs.

Chacun sait qu'un signal à fronts raides ne se limite pas à la fréquence *fondamentale* mesurable à l'oscilloscope : il contient en plus toute une gamme *d'harmoniques,* fréquences multiples de ce fondamental pouvant atteindre un rang très élevé.

En transmission radio à courte distance, nous avons pu nous permettre de transmettre directement le signal codé, grâce à la bonne qualité du récepteur utilisé. L'émetteur rayonne cependant des fréquences parasites hors

du canal d'émission fixé par le quartz, ce qui n'est tolérable que pour une puissance d'émission extrêmement faible et un usage assez occasionnel. Cette façon de procéder n'est pas admissible sur un émetteur de forte puissance, pas plus que sur une ligne téléphonique : des normes très strictes imposent une sévère limitation du spectre en fréquence des signaux injectés en ligne, et d'ailleurs les équipements PTT actuels (numériques temporels) sont incapables de transmettre des fréquences supérieures à 3 400 Hz en exploitation normale (réseau téléphonique commuté).

Ce problème est extrêmement courant en téléinformatique : même avec des rythmes de transmission de données aussi faibles que 300 bits par seconde, on n'attaque jamais une ligne téléphonique ordinaire en *"bande de base"*, c'est-à-dire avec le message digital non traité. La chose n'est possible que sur des lignes tout à fait particulières et très courtes (lignes privées et certaines lignes spécialisées), sans intérêt pour nous.

En transmission radio à longue distance, même si émetteur et récepteur ont une bande passante plus large que d'ordinaire, toutes sortes de perturbations sont capables d'altérer la forme du signal transmis, ce qui nous ramène au même point. Une façon élégante de résoudre le problème consiste à utiliser un signal audio-sinusoïdal appelé *sous-porteuse,* qui sera *modulé en fréquence* par le train de bits à transmettre. Pour peu que la fréquence de cette sous-porteuse soit nettement supérieure à celle des créneaux à transmettre, la forme du signal d'origine sera parfaitement respectée, tandis que la largeur de bande utilisée restera très modeste.

Avec des circuits performants côté modulation et surtout côté démodulation, les éventuels parasites n'auront que très peu d'influence sur l'intégrité de la transmission. Moyennant un certain soin dans le choix des fréquences des sous-porteuses, on arrive même à loger plusieurs canaux de transmission indépendants ou de sens contraires sur une même voie de communication audio (multiplexage en fréquence). Un même codeur pouvant être programmé pour émettre plusieurs codes différents, on se rend compte qu'une seule ligne téléphonique ou voie radio peut permettre de procéder à des télécommandes fort complexes.

UN MODULATEUR "FSK"

Le montage de la *figure 9-1* est un générateur de fonctions utilisant le classique XR 2206 d'EXAR, câblé de façon à délivrer un signal sinusoïdal. L'entrée du module, selon qu'elle est portée au niveau logique 1 ou 0, déclenche l'émission de l'une ou l'autre des fréquences F1 ou F0, ajustables séparément par deux potentiomètres.

Dans le cas qui nous intéresse, il est nécessaire que F0 soit supérieure à F1. Pour un usage courant, le choix exact de ces fréquences n'est guère critique : 1200 Hz pour F1 et 2400 Hz pour F0 donnent de bons résultats, mais ce n'est qu'un exemple. Le niveau du signal audio disponible en sortie du montage (sous une impédance de 600 Ω) est assez fort. Selons les besoins de l'application envisagée, on pourra l'ajuster en jouant sur R2 et R3 qui devront toutefois rester égales. L'entrée du montage pourra être directement branchée à la sortie du module codeur, le tout étant alimenté par une même source de 9 V.

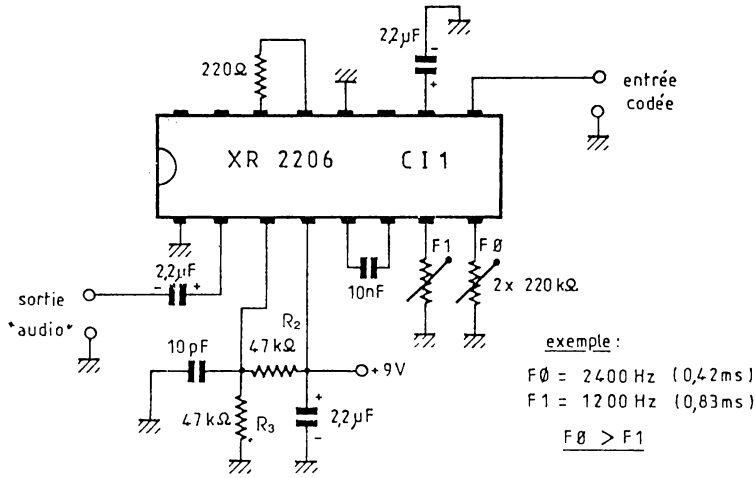


Fig. 9-1. — Un modulateur audio

Il sera cependant nécessaire de ralentir d'un facteur 3 environ l'horloge du codeur (et évidemment celle du décodeur) pour obtenir la meilleure fiabilité de transmission sans acrobaties de réglage. Il suffit pour cela de tripler la valeur de la résistance ou du condensateur du réseau RC. Un choix typique de valeurs est 2200 pF et 33 kΩ. Le temps de réponse à un ordre de télécommande s'en trouve légèrement allongé : une seconde environ, ce qui est généralement très acceptable. En cas de transmission de mauvaise qualité, ce délai peut de toute façon augmenter, à cause de la procédure de vérification appliquée par le décodeur. Dans le doute, on prolongera donc quelque peu l'émission de l'ordre.

Le circuit imprimé de la *figure 9-2* réunit tous les composants du montage selon l'implantation de la *figure 9-3*. On obtient ainsi un module qui, associé au codeur, ne tient que fort peu de place, ce qui en permet l'incorporation dans bien des équipements. En ajoutant un module amplificateur de puissance très simple et un petit haut-parleur, il est facile de construire un *boîtier à couplage acoustique* pouvant être utilisé en association avec n'importe quel téléphone ou émetteur radio sans aucun branchement.

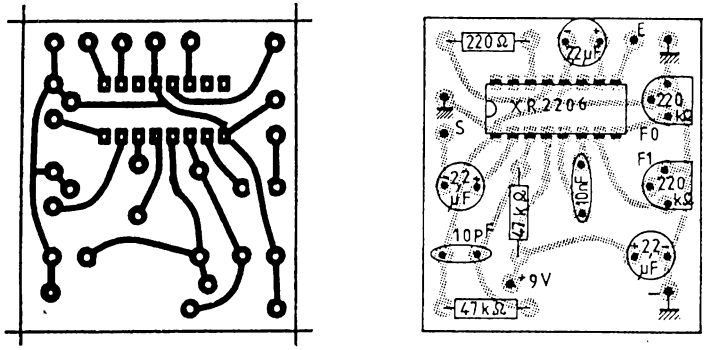


Fig. 9-2 et 9-3. — Réalisation pratique du modulateur "audio"

NOMENCLATURE

Résistances

(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
220 Ω
2 x 47 kΩ
2 pot. ajustables 220 kΩ

Condensateurs
10 pF
10 nF
3 x 2,2 µF 10 V

Semiconducteurs
XR 2206 EXAR

Divers
alimentation 9 V

UN DÉMODULATEUR "FSK"

Le schéma de la *figure 9-4* utilise un XR 2211 d'EXAR, dont les composants périphériques ont été choisis en tenant compte des caractéristiques du modulateur qui vient d'être décrit. Un unique réglage est accessible à l'utilisateur : le potentiomètre R8 qui sert à accorder le démodulateur sur la fréquence porteuse du modulateur. Dans l'idéal, ce réglage doit se faire à l'oscilloscope (meilleure forme possible des signaux de sortie), mais on peut aussi opérer "à tâtons" en cherchant à obtenir la réaction la plus rapide possible du décodeur associé. La sortie du démodulateur peut attaquer directement l'entrée EA du décodeur, à la rigueur l'entrée EC. Si l'on souhaite utiliser EB, il faut inverser F0 et F1 au niveau du modulateur. Ce module accepte une large gamme de niveaux d'entrée, et possède de toute façon une protection par diodes (D1 et D2) contre un niveau excessif. Pour les essais, il peut être directement raccordé à la sortie audio du modulateur sans précaution particulière.

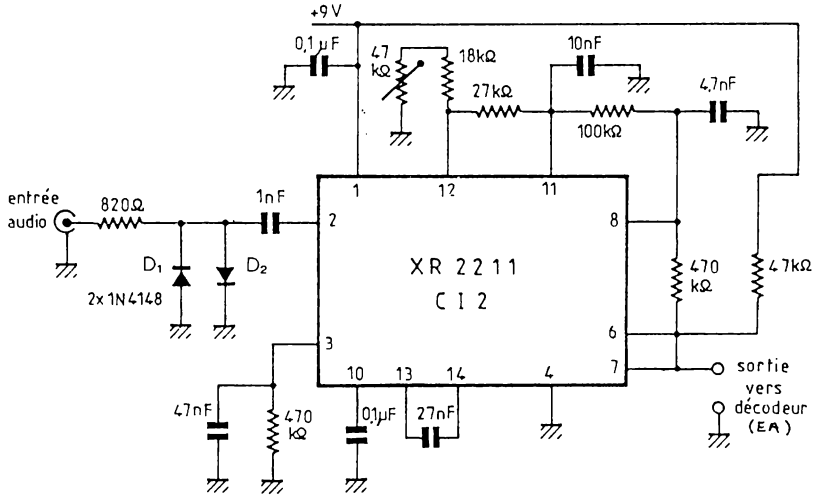
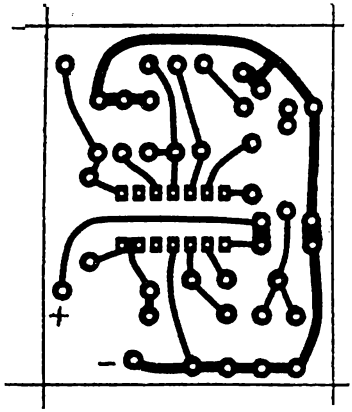


Fig. 9-4. — Un démodulateur "audio"

Le démodulateur se câble sur un circuit imprimé conforme au tracé de la *figure 9-5,* et selon le plan de câblage de la *figure 9-6.* Là encore, l'ensemble démodulateur-décodeur est compact, mais il faut évidemment lui ajouter les circuits de réception proprement dits (récepteur radio, interface de ligne téléphonique, etc.) ainsi qu'une alimentation permettant si nécessaire une veille permanente.

L'utilisation de ces modules permet d'allier la très grande sécurité du codage employé à la disponibilité immédiate de toutes sortes de voies de communication audio. Par téléphone, toutes sortes d'installations pourront être commandées par simple appel d'un répondeur spécial : ce procédé de codage est plus sûr que le système "DTMF", n'importe qui pouvant accéder à un clavier capable de générer ces fréquences codées. Par radio, on peut songer à la mise sur pied de systèmes d'appel de personnes, ou d'appels sélectifs pour radiotéléphones CB ou autres. En ce qui concerne les télécommandes à proprement parler, on se méfiera du fait que toute émission à longue portée peut être captée, enregistrée, puis réémise par n'importe quel "pirate" : un "surcodage" est donc souhaitable, comme par exemple l'émission du même ordre successivement sur deux canaux différents dans un délai imposé.



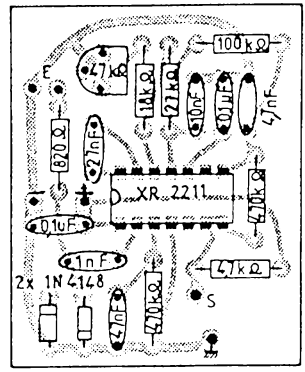


Fig. 9-5 et 9-6. — Réalisation pratique du démodulateur "audio"

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
820 Ω
4,7 kΩ
18 kΩ
27 kΩ
100 kΩ
2 x 470 kΩ
pot. ajustable 47 kΩ

Divers
alimentation 9 V

Condensateurs
1 nF
4,7 nF
27 nF
47 nF
2 x 0,1 µF
10 nF

Semiconducteurs
XR 2211 EXAR
2 x 1N 4148

Un peu en marge de la télécommande au sens propre du terme, on peut s'intéresser à l'enregistrement sur cassettes ou bande magnétique du signal codé et modulé : on peut facilement programmer de cette façon le déclenchement de toutes sortes de dispositifs en synchronisme avec une piste sonore. Cela peut être très utile dans le cadre de projections de montages de diapositives ou d'animations diverses. Tant qu'une commande simultanée n'est pas nécessaire, rien ne limite le nombre de décodeurs différents pouvant être commandés individuellement.

Et si la simultanéité est indispensable, n'oublions pas que plusieurs porteuses audio peuvent être enregistrées ensemble ! Nous faisons confiance à l'imagination de nos lecteurs pour trouver encore bien d'autres applications à cet ensemble de télécommande universel...

CHAPITRE 10

QUELQUES PÉRIPHÉRIQUES POUR TÉLÉCOMMANDES

La mise en œuvre pratique des montages qui ont été décrits dans les précédents chapitres nécessite quelques circuits annexes, notamment d'alimentation et de puissance. Certains montages peuvent évidemment être alimentés sur piles ou batteries, mais une alimentation secteur est préférable dans certains cas.

Presque tous les récepteurs de télécommande décrits peuvent piloter directement un relais : la fermeture de contact ainsi obtenue peut servir directement à toutes sortes de commandes, mais un systèrne "à mémoire" (bistable marche-arrêt) est souvent nécessaire. On peut également préférer une commande "statique", employant des triacs et non plus des relais.

Enfin, même si la liaison de télécommande proprement dite est très sûre, on peut craindre l'utilisation de l'émetteur par des personnes non autorisées : un système à "cartes magnétiques" peut alors être mis en place pour augmenter la sécurité du système.

UNE ALIMENTATION "À TOUT FAIRE"

Le schéma de la *figure 10-1* est celui d'une alimentation secteur capable de résoudre de nombreux problèmes pratiques : elle peut débiter jusqu'à 2 A, mais pourrait être "affaiblie" par le choix de composants moins largement dimensionnés. La tension de sortie est fixée par la référence du régulateur "trois pattes" pilotant le transistor ballast : il faut compter une perte d'un peu plus d'un volt par rapport à la tension nominale (13,8 V avec un 7815 par exemple).

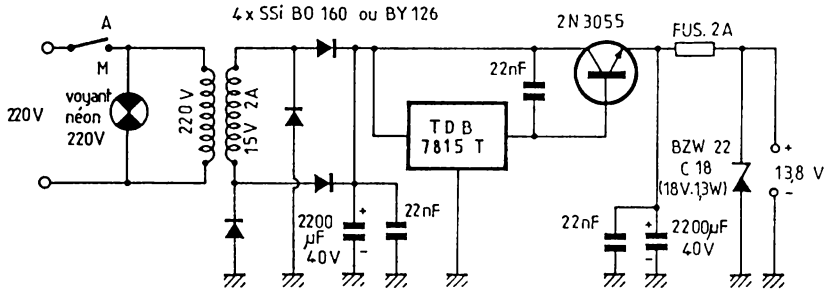


Fig. 10-1. — Une alimentation universelle

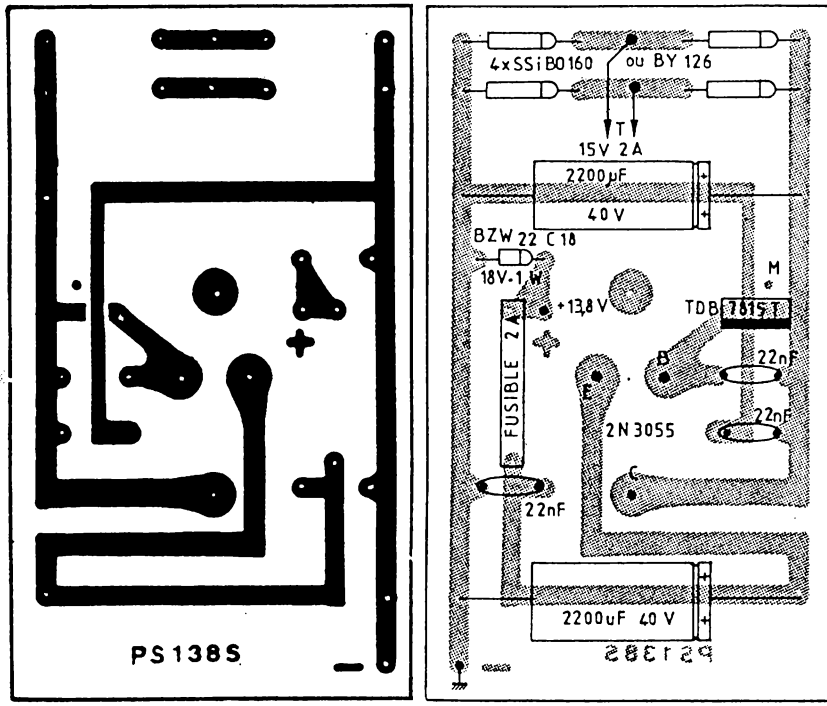


Fig. 10-2 et 10-3. — Réalisation pratique de l'alimentation

NOMENCLATURE

Résistances
néant

Condensateurs
3 x 22 nF
2 x 2200 µF 40 V

Semiconducteurs
diode zener 18 V 1 W
2N 3055
régulateur 78XX selon besoins
4 diodes selon besoins

Divers
porte-fusible pour circuit imprimé
cartouche fusible suivant courant (2A)
transfo 220/15 V puissance appropriée
voyant secteur (néon)
interrupteur secteur
cordon secteur

Le circuit imprimé de la *figure 10-2* peut accueillir directement le 2N 3055, mais au-delà de 500 mA de débit, il pourra être installé sur un refroidisseur extérieur.

La *figure 10-3* donne l'implantation des autres composants qui, à part le transformateur, tiennent tous sur la carte.

UNE CARTE "RELAIS STATIQUES"

Pour les applications nécessitant des triacs à la place des relais, on pourra utiliser le schéma de la *figure 10-4*. Il présente l'avantage d'un isolement du circuit "220 V" par photocoupleurs, et offre en même temps une petite alimentation 9 V.

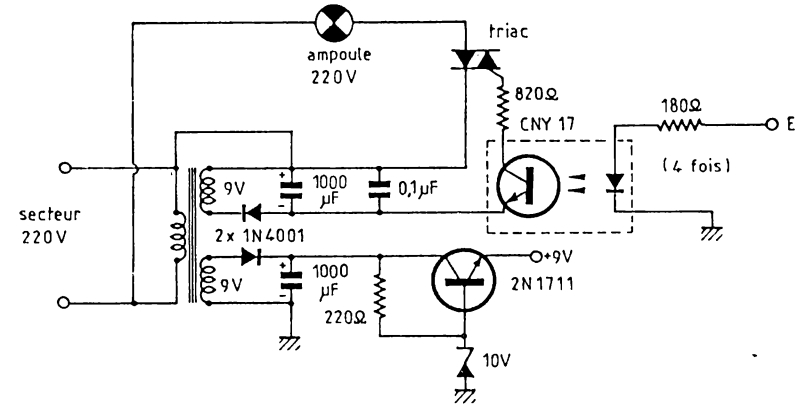
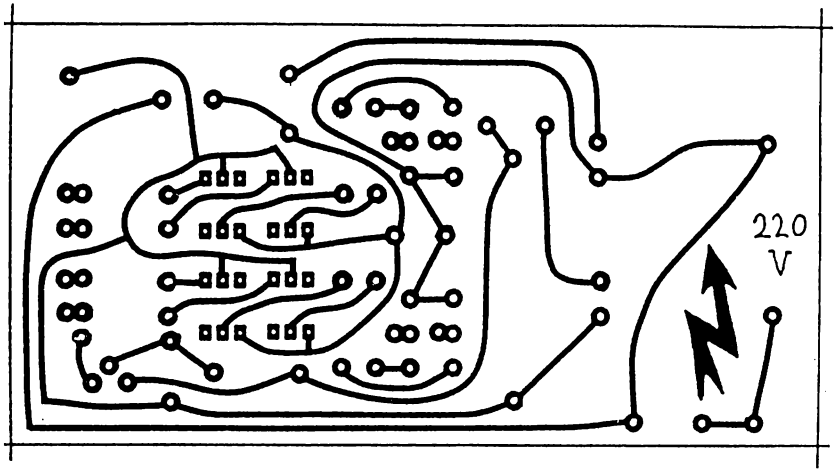


Fig. 10-4. — Un relais statique et une alimentation 9 V



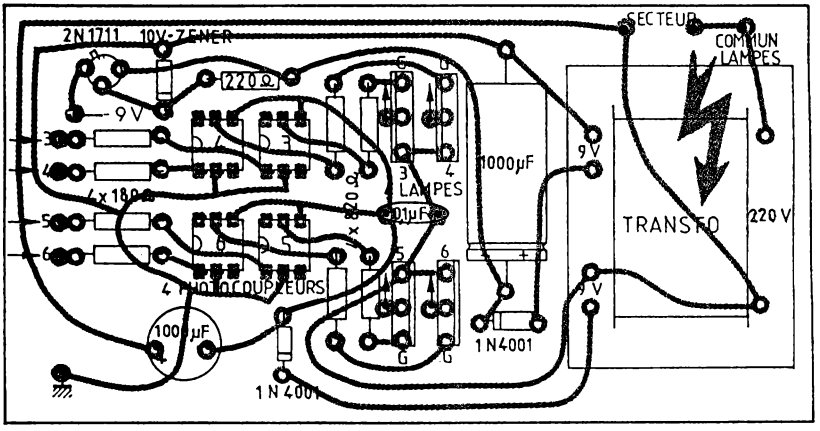


Fig. 10-5 et 10-6. — Réalisation pratique de la carte "relais statiques et alimentation"

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
220 Ω
4 x 180 Ω
4 x 820 Ω

Condensateurs
1000 µF 25 V sorties axiales
1000 µF 25 V sorties radiales

Semiconducteurs
zener 10 V 1/2 W
2 x 1N 4001
2N 1711
4 x CNY 17 ou 4N 25
4 triacs 400 V 6 A

Divers
transfo 220 / 2 x 9 V isolés

Le circuit imprimé de la *figure 10-5* permet la réalisation de quatre de ces relais statiques, capables de commander des charges secteur consommant plusieurs ampères, selon les triacs utilisés.

Le plan de la *figure 10-6* pourra n'être suivi que partiellement si moins de quatre circuits sont nécessaires. Il est très important que le transformateur soit bien choisi du type à deux enroulements 9 V *séparés* (et non 18 V à point milieu).

UN TÉLÉRUPTEUR ÉLECTRONIQUE

Commandé par un contact de relais, le montage de la *figure 10-7* est capable de changer d'état à chaque nouvelle commande : le premier ordre de télécommande alimente la charge, et le suivant la désalimente. Simultanément, un petit relais REED colle lorsque du courant circule *réellement* dans la charge.

Ces caractéristiques en font le compagnon idéal de la télécommande téléphonique de la *figure 8-1*, munie d'une fonction "accusé de réception". A cause de la dissipation de la diode zener, la puissance de la charge 220 V ne doit pas excéder 40 W. Au-delà, on peut bien sûr éliminer ce circuit facultatif, et monter à plusieurs kilowatts avec un triac approprié.

La *figure 10-8* donne le tracé d'un circuit imprimé destiné à ce montage. Si dans le plan de câblage de la *figure 10-9* le circuit intégré S 576 D est remplacé par un S 576 C, alors la télécommande devient *proportionnelle* : selon la durée de l'ordre de mise en route, la puissance appliquée à la charge peut être réglée dans une large plage. Il est toutefois souhaitable, dans ce cas, de pouvoir suivre *de visu* le fonctionnement du dispositif commandé !

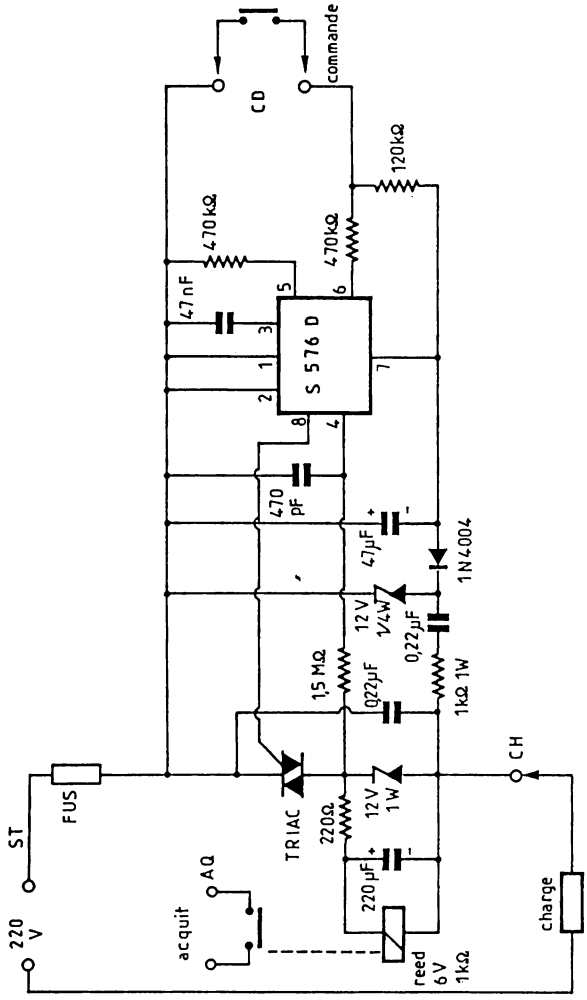


Fig. 10-7. — Un télérupteur électronique capable de surveiller la charge alimentée

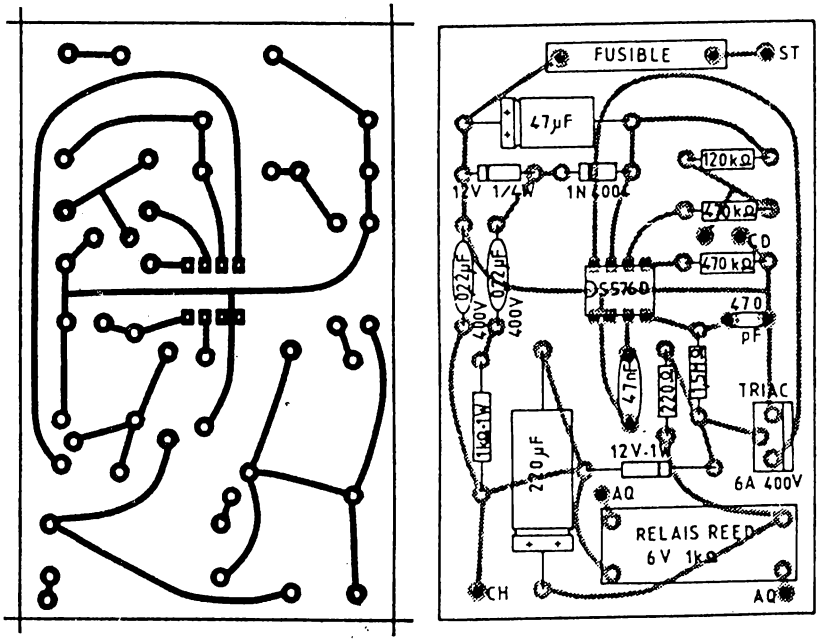


Fig. 10-8 et 10-9. — Réalisation pratique du télérupteur

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
1 kΩ 1 W
220 Ω
120 kΩ
2 x 470 kΩ
1,5 MΩ

Condensateurs
470 pF
2 x 0,22 µF 400 V
47 nF
47 µF 16 V
220 µF 16 V

Semiconducteurs
S 576 D SIEMENS
triac 400 V 6 A
1N 4004
zener 12 V 1 W
zener 12 V 1/4 W

Divers
porte-fusible pour circuit imprimé
cartouche fusible selon usage
relais REED 6 V 1000 Ω

UN LECTEUR DE "CARTES MAGNÉTIQUES"

Le montage très simple de la *figure 10-10* est capable de ne délivrer du 6 V que lorsqu'une "carte magnétique" bien particulière est introduite dans une fente prévue à cet effet. La carte est constituée de deux feuilles de plastique format "carte de crédit" contrecollées : entre les deux sont disposés de petits morceaux de clinquant de fer-blanc (pas de laiton ni de cuivre, plutôt un morceau de boîte de pâté !). Invisibles sans abîmer la carte, ces pièces magnétiques sont détectables par des composants spéciaux du type "fourche à effet Hall" : nous avons choisi les HKZ 101 SIEMENS, qui incorporent l'aimant indispensable, mais des montages plus économiques sont envisageables avec d'autres types de capteurs et des aimants séparés. Le montage n'est mis sous tension que lorsque la carte est introduite, grâce à un petit contact placé au fond de la fente.

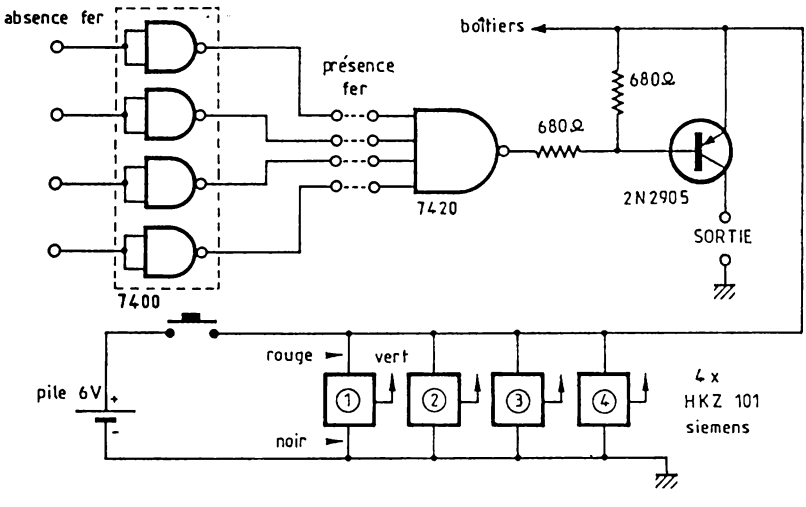


Fig. 10-10. — Un très simple lecteur de "cartes magnétiques"

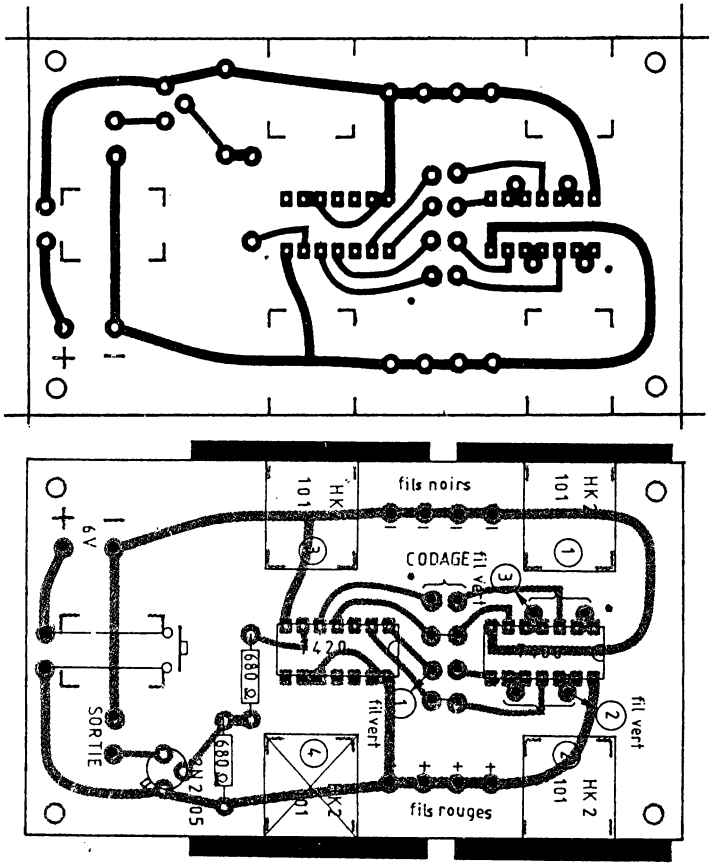


Fig. 10-12. — Réalisation pratique du lecteur de cartes

NOMENCLATURE

Résistances
(5 % 1/4 W sauf mention contraire)
2 x 680 Ω

Semiconducteurs
SN 7420
SN 7400
2 à 4 HKZ 101 SIEMENS ou similaire
2N 2905

Divers
microcontact travail (touche clavier)
alimentation 5 V ou pile 6 V
clinquant fer-blanc
feuille plastique rigide

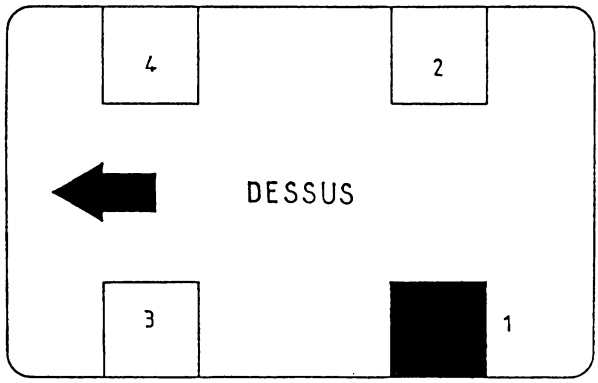


Fig. 10-13. — Réalisation de la "carte magnétique"

Le circuit imprimé de la *figure 10-11* reçoit tous les composants du montage selon le plan de la *figure 10-12,* y compris les capteurs à fourche qui seront collés côté cuivre avec une goutte de colle cyanoacrylate (genre Cyano Jelt). Placés strictement sur les repères gravés, ils seront exactement alignés et serviront de guides pour la carte. Le petit contact (une touche pour clavier) sera placé lui aussi côté cuivre, et positionné lors des essais.

Des emplacements sont prévus pour quatre capteurs, ce qui offre le maximum de sécurité. Pour des raisons économiques, on peut n'en prévoir que trois, ou à la rigueur deux, mais un seul ne suffirait pas.

Il est important que certains capteurs correspondent à une *présence* de fer, et d'autres à une *absence,* comme sur l'exemple de la *figure 10-13,* qui correspond au câblage des fils verts des capteurs sur la *figure 10-12.*

Lors de la programmation d'un "code" personnel, on se conformera aux règles suivantes :

— laisser "en l'air" toute entrée inutilisée du 7420,
— détecteur recevant du fer : relier le fil vert directement à une entrée du 7420,
— détecteur ne recevant pas de fer : relier le fil vert à une entrée du 7400, et relier la sortie correspondante à une entrée du 7420.

Ce montage doit être alimenté sous 5 à 6 V, pas plus : comme il ne consomme que pendant chaque lecture de carte (quelques secondes) quatre piles 1,5 V type "crayon" suffiront largement.

QUELQUES CONSEILS PRATIQUES

A quelques exceptions près, chacun des cinquante montages décrits dans ce livre est accompagné d'un tracé de circuit imprimé et du plan de câblage correspondant. Le schéma de principe n'est finalement là que pour permettre la compréhension du fonctionnement et d'éventuelles modifications. L'auteur s'est astreint à ce travail afin d'offrir à ses lecteurs des montages *parfaitement reproductibles.*

Pour profiter pleinement de cet avantage, il est nécessaire de graver des plaquettes exactement conformes aux modèles publiés. Nos lecteurs pourront se reporter à notre ouvrage *CIRCUITS IMPRIMES : conception, réalisation,* paru chez le même éditeur : il décrit en détail les moyens permettant de réaliser facilement des circuits imprimés de qualité. Le cas échéant, certains fournisseurs peuvent se charger de ce travail (adresses sur demande).

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 5

CHAPITRE 1 . **LES TECHNIQUES DE TÉLÉCOMMANDE** **7**

Télécommande ou commande à distance 7
Émission, réception, action 8
Transmissions par support matériel 8
Transmissions par support immatériel 9
Télécommandes "tout ou rien" 9
Télécommandes "proportionnelles" 10
Portée d'une télécommande 10
Sécurité et discrétion 10
Principes de codage 11

CHAPITRE 2 . **QUELQUES MONTAGES DE BASE** **13**

Générateurs de tonalités 13
Détecteurs de signal 15
Détecteurs de tonalités 17
Générateurs "multifréquences" 23
Récepteurs "multifréquences" 28
Un codeur-décodeur universel 33
Codeurs et décodeurs "type télévision" 39

CHAPITRE 3 . **TÉLÉCOMMANDES PAR FIL** **43**

Un mode de transmission à ne pas négliger 43
Télécommandes multifilaires 44
Télécommande par tension continue 44
Télécommande d'orientation d'antennes 46
Télécommande par cadran téléphonique 50
Télécommande de "portier" **53**

CHAPITRE 4 . TÉLÉCOMMANDES PAR ULTRASONS **59**

Notions d'électro-acoustique 59
Les ultrasons dans l'air 60
Les ultrasons dans l'eau 61
Avantages et inconvénients des ultrasons 61
Un ensemble émetteur-récepteur à ultrasons 62
Une télécommande acoustique 66

CHAPITRE 5 . TÉLÉCOMMANDES PAR INFRAROUGES 71

Notions d'électro-optique 71
Composants émetteurs et récepteurs d'infrarouges 72
Avantages et inconvénients des infrarouges 73
Une télécommande infrarouge très simple 74
Augmentons la portée ! 78
Et pour quelques lentilles de plus 81
Une télécommande infrarouge "clé en main" 85
Les fibres optiques 91

CHAPITRE 6 . TÉLÉCOMMANDES PAR RADIO 93

Télécommande radio ou radiocommande ? 93
Notions d'émission-réception 94
Avantages et inconvénients de la solution "radio" 95
Emetteurs et récepteurs 27 MHz 96
Emetteurs et récepteurs VHF 102
Une télécommande radio "clé en main" 108

CHAPITRE 7 . TÉLÉCOMMANDES "SECTEUR" 113

Principes de base des liaisons "secteur" 113
Une télécommande secteur simple 115
Un circuit intégré spécialisé 119
Une télécommande sur "paire" 122
Une télécommande secteur "minimum" 127

CHAPITRE 8 . TÉLÉCOMMANDES PAR TÉLÉPHONE 133

Le réseau téléphonique international 133
Notions de téléphonie 134
Une télécommande téléphonique "clé en main" 135
Un module universel d'interface téléphonique 140
Deux circuits à réponse automatique 143
Des possibilités quasi illimitées 148

CHAPITRE 9 . TÉLÉCOMMANDES SUR VOIES "AUDIO" 149

Des voies de communication "standards" 149
Un modulateur "FSK" 150
Un démodulateur "FSK" 152

CHAPITRE 10 . QUELQUES PÉRIPHÉRIQUES POUR TÉLÉCOMMANDES 155

Une alimentation "à tout faire" 155
Une carte "relais statiques" 157
Un télérupteur électronique 159
Un lecteur de "cartes magnétiques" 162
Quelques conseils pratiques 165

Imprimé par Jean-Lamour, 54320 Maxéville
Dépôt légal : septembre 1996 -*Imprimé en France*

TELECOMMANDES

TECHNIQUE ET REALISATION

Grâce à ce livre, vous découvrirez les différentes techniques des télécommandes et toutes leurs applications pratiques (confort, sécurité, divertissement, etc.).

Dans cet ouvrage, Patrick GUEULLE met successivement à contribution les câbles électriques, les ultrasons, les liaisons optiques (infrarouges), la radio, les fils du secteur, le téléphone et les voies « audio ». On y trouvera plus de cinquante montages pratiques avec circuits imprimés et listes de composants. Parmi eux, plusieurs systèmes « clé en main » peuvent être construits directement, tandis que tout un choix de modules universels est à la disposition de l'amateur soucieux de composer une installation « à la carte ».

Quelques montages périphériques utiles s'ajoutent à cette sélection de base, comme des circuits de puissance ou un lecteur de cartes magnétiques.

Quel que soit votre niveau en électronique, ce livre vous aidera efficacement à comprendre et à réaliser tous les types de télécommandes.

ETSF
Editions Techniques
et Scientifiques Françaises

9 782855 351506 Code 023842 ISBN 2-85535-150-2